



Universidad
Carlos III de Madrid
www.uc3m.es

TRABAJO FIN DE GRADO

ESTUDIO DE MERCADO PARA EL DESPLIEGUE DE FIBRA ÓPTICA EN PAÍSES DEL OESTE AFRICANO

Roberto Gil López

Grado Ingeniería Sistemas de comunicaciones

Leganés, Febrero de 2015



Universidad
Carlos III de Madrid
www.uc3m.es

TRABAJO FIN DE GRADO

ESTUDIO DE MERCADO PARA EL DESPLIEGUE DE FIBRA ÓPTICA EN PAÍSES DEL OESTE AFRICANO

Autor

Roberto Gil López

Tutor (UC3M)

José Blanco Alonso

Tutor (Alcatel-Lucent)

Juan Carlos Palomo Alcalde

Leganés, Febrero de 2015

AGRADECIMIENTOS

Quisiera agradecer a un cierto colectivo de personas toda la ayuda y el apoyo que he recibido tanto en la realización de este Trabajo Fin de Grado como a lo largo de la carrera.

Para comenzar, me gustaría agradecer todo el apoyo recibido de mis padres, Antonio y Estrella. Siempre han estado ahí cuando lo he necesitado a lo largo de la carrera universitaria y en mi vida en general, mostrando todo su apoyo, tanto moral como económico, ya que no es fácil debido a la situación que vivimos realizar el esfuerzo que ellos han hecho en mí.

Posteriormente quería agradecer a mis dos tutores en el TFG por prestar su total disponibilidad y por acceder a ser los supervisores del TFG, mostrando en todo momento una implicación inmensa. José Blanco Alonso, por la UC3M, y Juan Carlos Palomo Alcalde, por parte de la empresa Alcatel-Lucent España.

Gracias también a dicha empresa por permitirme realizar las prácticas con las que he conocido de cerca el entorno laboral y que sin duda ha supuesto una etapa de gran aprendizaje para mí y de la que estoy orgulloso haber experimentado.

Para finalizar también me gustaría dar las gracias al personal docente por la formación que he recibido a lo largo de la carrera.

RESUMEN

La fibra óptica es la tecnología del presente y futuro en todo el mundo. Con ella se puede dotar de las mejores prestaciones a las poblaciones en las que se instala, y se ha convertido en un aspecto muy importante tanto social como tecnológico para el crecimiento de los países que adoptan su implantación.

Este TFG se centra en la zona del oeste africano, estudia todos los países que se encuentran en esa zona de África, y selecciona los que potencialmente se ajustan para realizar el estudio de despliegue de fibra óptica.

Se analiza la tecnología GPON en función a:

- Características y funcionalidades.
- Esquema y estructura de red.
- Posibles evoluciones de la tecnología.

El uso de esta tecnología es posible gracias al despliegue previo de fibra óptica submarina que existe en el continente africano. Concretamente en la zona oeste hay varias empresas que ya han realizado este despliegue de fibra submarina. Las conexiones de esta fibra con ciudades costeras en países que se van a considerar potenciales son las uniones con el despliegue terrestre que se va estudiar.

Una vez determinado el país, hay que conocer su situación en el momento de realizar el despliegue, tanto económica como socialmente, para evaluar posibles riesgos o situaciones que hagan que el estudio realizado inicialmente no sufra prácticamente modificaciones. Este aspecto es muy importante a la hora de estimar los gastos y la inversión que hay que emplear para el despliegue.

Para realizar un despliegue de fibra óptica se necesita un gran esfuerzo económico, tecnológico y de planificación. Hay que seleccionar las tecnologías y suministradores, realizar una identificación y análisis de escenarios así como fijar estrategias de evolución

de las redes. Existen unas necesidades de soporte de los servicios que hay que conocer, junto con sus sistemas de gestión asociados. Se diseñan e implantan las soluciones estructurales de la red más eficientes para posteriormente optimizar la red a los niveles de calidad requeridos.

Este TFG se realiza bajo la experiencia de otros despliegues similares en el continente africano, dado que la experiencia en este tipo de estudios es fundamental para que todos los objetivos se cumplan satisfactoriamente. Los precios que aparecen a lo largo del TFG son orientativos, no reales, pero se asemejan máximamente al despliegue real ya que se han obtenido a partir de otros precios en proyectos reales, entre los que destaca un proyecto en Sudáfrica, y varios en Europa con características similares.

Índice

Capítulo 1: Introducción y objetivos.....	1
1.1 Introducción	1
1.2 Objetivos.....	2
1.3 Motivación	3
1.4 Estructura de la memoria	4
Capítulo 2. Fibra óptica hasta el hogar: tecnología, escenarios y evolución	6
2.1 Características: tecnología y escenarios	6
2.2 FTTX.....	8
2.3 Fibra óptica submarina	9
Capítulo 3: Red GPON	15
3.1 Elementos de la red	15
3.1.1 OLT.....	15
3.1.2 ONT	17
3.1.3 ODF	19
3.1.4 Splitters.....	20
3.2 Estructura de la red	22
3.3 Evolución de GPON	23
3.4 Opciones de obra civil en un despliegue de fibra óptica	26
Capítulo 4: Identificación del mercado potencial en el oeste africano	30
Capítulo 5: Premisas para el estudio de mercado en África	34
5.1 Inversión	34
5.2 Ingresos	36
5.3 Gastos	37
Capítulo 6: Estudio de mercado 1, Ghana	40
6.1 Datos de Ghana	40
6.2 Operadores en Ghana de fibra óptica.....	44
6.3 Tipos de escenarios para el despliegue	47
6.4 Estudio de mercado Ghana a 10 años.....	51
Capítulo 7: Estudio de mercado 2, Nigeria	54



<i>7.1 Datos de Nigeria.....</i>	<i>54</i>
<i>7.2 Implantación de redes de banda ancha de fibra óptica en Nigeria.....</i>	<i>56</i>
<i>7.3 Operadores en Nigeria de fibra óptica.....</i>	<i>59</i>
<i>7.4 Tipos de escenarios para el despliegue</i>	<i>61</i>
<i>7.5 Estudio de mercado Nigeria con infraestructura</i>	<i>64</i>
<i>7.6 Estudio de mercado Nigeria sin infraestructura</i>	<i>67</i>
<i>Capítulo 8: Estudio de mercado 3, Costa de Marfil.....</i>	<i>70</i>
<i>8.1 Datos de Costa de Marfil.....</i>	<i>70</i>
<i>8.2 Operadores en Costa de Marfil de fibra óptica</i>	<i>72</i>
<i>8.3 Análisis de las zonas</i>	<i>72</i>
<i>8.4 Estudio de mercado Costa de Marfil “Le plateau”</i>	<i>74</i>
<i>8.5 Costa de Marfil “Gated Community”</i>	<i>77</i>
<i>Capítulo 9: Riesgos</i>	<i>80</i>
<i>Capítulo 10: Conclusiones y recomendaciones generales.....</i>	<i>81</i>
<i>Capítulo 11: Futuras líneas de desarrollo</i>	<i>85</i>
<i>Glosario.....</i>	<i>86</i>
<i>Referencias</i>	<i>89</i>
<i>Anexo 1. Gestión del TFG</i>	<i>92</i>
<i>Anexo 2. Presupuesto del TFG</i>	<i>95</i>

Índice de ilustraciones

<i>Ilustración 1 - Esquema convencional de una red GPON.....</i>	<i>7</i>
<i>Ilustración 2 – Ejemplo de las posibles terminaciones FTTx.....</i>	<i>9</i>
<i>Ilustración 3 - Vista de los numerosos enlaces de fibra óptica submarina en el mundo [7]</i>	<i>10</i>
<i>Ilustración 4 - Vista del interior de un cable de fibra óptica submarina</i>	<i>11</i>
<i>Ilustración 5 - Buque cablero que se usa para desplegar la fibra óptica por el océano</i>	<i>12</i>
<i>Ilustración 6 - Funcionamiento buque cablero desplegando la fibra al fondo marino</i>	<i>12</i>
<i>Ilustración 7 - Maquinaria con la que se fija el cable al fondo marino</i>	<i>13</i>
<i>Ilustración 8 - Identificación OLT dentro del esquema de red GPON</i>	<i>15</i>
<i>Ilustración 9 - Modelo de OLT con 16 tarjetas de Alcatel-Lucent.....</i>	<i>16</i>
<i>Ilustración 10 - Modelo de OLT de Ericsson [15].....</i>	<i>16</i>
<i>Ilustración 11 - NGLT-A, 8 puertos GPON, de Alcatel-Lucent</i>	<i>16</i>
<i>Ilustración 12 - Identificación ONT dentro del esquema de red GPON.....</i>	<i>17</i>
<i>Ilustración 13 - Esquema de tipos de conexiones con ONT para llegar al cliente</i>	<i>17</i>
<i>Ilustración 14 - Ejemplos de ONT con Wifi de Alcatel-Lucent [17]</i>	<i>18</i>
<i>Ilustración 15 - Ejemplo de ONT sin Wifi de Alcatel- Lucent [18].....</i>	<i>19</i>
<i>Ilustración 16 - Equipo 7363 ISAM MX-6 de Alcatel-Lucent</i>	<i>19</i>
<i>Ilustración 17 - Repartidor óptico</i>	<i>20</i>
<i>Ilustración 18 - Identificación splitters dentro del esquema de red GPON</i>	<i>20</i>
<i>Ilustración 19 - Ejemplos de distintas posibilidades de splitting en la red</i>	<i>21</i>
<i>Ilustración 20 - Ejemplo estructuración de red GPON</i>	<i>22</i>
<i>Ilustración 21 - Ejemplo de red de distribución iniciada exteriormente</i>	<i>22</i>
<i>Ilustración 22 - Estructura detallada de red GPON</i>	<i>23</i>
<i>Ilustración 23 – TDWM-PON asigna distintas longitudes de onda a diferentes servicios.....</i>	<i>25</i>

<i>Ilustración 24 - De izquierda a derecha: esquema de instalación de cable en microzanjas, realización de una microzanja y aspecto final tras proceso de rellenado</i>	<i>28</i>
<i>Ilustración 25 - Mapa de conexiones cables submarinos de fibra óptica</i>	<i>32</i>
<i>Ilustración 26 - Mapa de la situación de Ghana en el oeste africano</i>	<i>40</i>
<i>Ilustración 27 - Imagen de una de las más importantes Gated Communities en Accra, Ghana, Trasacco Valley</i>	<i>42</i>
<i>Ilustración 28 - Mapa que sitúa las diferentes “Gated Communities” en Accra, Ghana</i>	<i>43</i>
<i>Ilustración 29 - Mapa que muestra la red de fibra existente en Ghana</i>	<i>45</i>
<i>Ilustración 30 - Mapa que identifica las zonas de Accra atractivas para el despliegue</i>	<i>46</i>
<i>Ilustración 31 - Vista aerea de una Gated Community en Ghana</i>	<i>46</i>
<i>Ilustración 32 - Esquema de despliegue de fibra para una Gated Community</i>	<i>46</i>
<i>Ilustración 33 - Posibilidades de esquema de red a utilizar en Gated Community</i>	<i>47</i>
<i>Ilustración 34 - Esquema de red a utilizar en Accra</i>	<i>47</i>
<i>Ilustración 35 - Mapa de la situación de Nigeria en el oeste africano</i>	<i>54</i>
<i>Ilustración 36 - Mapa de la situación de Lagos con las zonas mencionadas</i>	<i>55</i>
<i>Ilustración 37 - Mapa de la red de fibra desplegada en Nigeria</i>	<i>59</i>
<i>Ilustración 38 - Mapa de las zonas de Lagos a realizar el estudio</i>	<i>60</i>
<i>Ilustración 39 - Vista aerea de Lekki phase 1 en Lagos</i>	<i>61</i>
<i>Ilustración 40 - Mapa de la situación de Costa de Marfil en el oeste africano</i>	<i>70</i>
<i>Ilustración 41 - Mapa de la zona de Abidjan mencionada</i>	<i>71</i>
<i>Ilustración 42 - Vista de “Le plateau”, Abidjan</i>	<i>72</i>
<i>Ilustración 43 - Mapa de las dos zonas a realizar el estudio en Abidjan</i>	<i>72</i>
<i>Ilustración 44 - Vista aerea de “Le plateau”</i>	<i>73</i>
<i>Ilustración 45 - Vista aerea de la Gated Community de Abidjan que se va estudiar</i>	<i>73</i>

Índice de tablas

<i>Tabla 1 - Desglose factores de inversión para el despliegue de fibra óptica en África.....</i>	<i>36</i>
<i>Tabla 2 – Desglose del precio medio por servicio en África.....</i>	<i>36</i>
<i>Tabla 3 - Tipo de escenario de despliegue en Accra, Ghana.....</i>	<i>48</i>
<i>Tabla 4 - Tipo de escenario de despliegue en Accra, Ghana.....</i>	<i>48</i>
<i>Tabla 5 - Tipo de escenario de despliegue en Accra, Ghana.....</i>	<i>48</i>
<i>Tabla 6 - Tipo de escenario de despliegue en Accra, Ghana.....</i>	<i>49</i>
<i>Tabla 7 - Tipo de escenario de despliegue en Accra, Ghana.....</i>	<i>49</i>
<i>Tabla 8 - Tabla de metros de canalización por tipo estudiado en Accra, Ghana.....</i>	<i>49</i>
<i>Tabla 9 - Costes por tipo de proyecto en Accra, Ghana.....</i>	<i>50</i>
<i>Tabla 10 - Desglose de la inversión a 10 años, Accra.....</i>	<i>51</i>
<i>Tabla 11 - Desglose de HC por año, Accra.....</i>	<i>52</i>
<i>Tabla 12 - Desglose de los gastos a 10 años, Accra.....</i>	<i>52</i>
<i>Tabla 13 - Desglose de los ingresos a 10 años, Accra.....</i>	<i>52</i>
<i>Tabla 14 - Desglose del balance a 10 años, Accra.....</i>	<i>52</i>
<i>Tabla 15 - Tipo de escenario de despliegue en Lagos, Nigeria.....</i>	<i>61</i>
<i>Tabla 16 - Tipo de escenario de despliegue en Lagos, Nigeria.....</i>	<i>62</i>
<i>Tabla 17 - Tipo de escenario de despliegue en Lagos, Nigeria.....</i>	<i>62</i>
<i>Tabla 18 - Tipo de escenario de despliegue en Lagos, Nigeria.....</i>	<i>62</i>
<i>Tabla 19 - Tipo de escenario de despliegue en Lagos, Nigeria.....</i>	<i>63</i>
<i>Tabla 20 - Tabla de metros de canalización por tipo estudiado en Lagos, Nigeria.....</i>	<i>63</i>
<i>Tabla 21 - Costes por tipo de proyecto en Lagos, Nigeria.....</i>	<i>63</i>
<i>Tabla 22 - Desglose de la inversión a 10 años, Lagos.....</i>	<i>64</i>
<i>Tabla 23 - Desglose de HC por año, Lagos.....</i>	<i>65</i>

<i>Tabla 24 - Desglose de HC por año, Lagos.....</i>	<i>65</i>
<i>Tabla 25 - Desglose de los ingresos a 10 años, Lagos.....</i>	<i>66</i>
<i>Tabla 26 - Desglose del balance a 10 años, Lagos</i>	<i>66</i>
<i>Tabla 27 - Desglose de la inversión a 10 años (sin infraestructura), Lagos.....</i>	<i>67</i>
<i>Tabla 28 - Desglose de HC por año, Lagos.....</i>	<i>68</i>
<i>Tabla 29 - Desglose de los gastos a 10 años (sin infraestructura), Lagos.....</i>	<i>68</i>
<i>Tabla 30 - Desglose de los ingresos a 10 años, Lagos.....</i>	<i>68</i>
<i>Tabla 31 - Desglose del balance a 10 años, Lagos</i>	<i>68</i>
<i>Tabla 32 - Desglose de la inversión a 10 años en “Le plateau”, Abidjan.....</i>	<i>74</i>
<i>Tabla 33 - Tabla de HC por año en “Le plateau”, Abidjan.....</i>	<i>75</i>
<i>Tabla 34 - Desglose de los gastos a 10 años en “Le plateau”, Abidjan.....</i>	<i>75</i>
<i>Tabla 35 - Desglose de los ingresos a 10 años en “Le plateau”, Abidjan.....</i>	<i>75</i>
<i>Tabla 36 - Desglose del balance a 10 años “Le plateau”, Abidjan.....</i>	<i>76</i>
<i>Tabla 37 - Desglose de la inversión a 10 años, Gated Community en Abidjan</i>	<i>77</i>
<i>Tabla 38 - Tabla de HC por año, Gated Community en Abidjan</i>	<i>78</i>
<i>Tabla 39 - Desglose de los gastos a 10 años, Gated Community en Abidjan.</i>	<i>78</i>
<i>Tabla 40 - Desglose de los ingresos a 10 años, Gated Community en Abidjan</i>	<i>78</i>
<i>Tabla 41 - Desglose del balance a 10 años, Gated Community en Abidjan.....</i>	<i>78</i>
<i>Tabla 42 - Tabla de posibles riesgos.....</i>	<i>80</i>
<i>Tabla 43 - Resumen de los resultados en cada despliegue.....</i>	<i>83</i>
<i>Tabla 44 - Coste de personal</i>	<i>95</i>
<i>Tabla 45 - Coste general del proyecto.....</i>	<i>95</i>



Índice de gráficos

Gráfico 1

Comparativa a 10 años de ingresos, gastos e inversión en Accra, Ghana 53

Gráfico 2

Comparativa a 10 años de ingresos, gastos e inversión en Lagos, Nigeria..... 66

Gráfico 3

Comparativa a 10 años de ingresos, gastos e inversión en Lagos, Nigeria..... 69

Gráfico 4

Comparativa a 10 años de ingresos, gastos e inversión en “Le plateau”, Abidjan..... 76

Gráfico 5

*Comparativa a 10 años de ingresos, gastos e inversión en una Gated Community de Abidjan,
Costa de Marfil..... 79*

Capítulo 1: Introducción y objetivos

1.1 Introducción

Este TFG describe las partes de las que consta un proyecto de despliegue de redes de fibra óptica en la zona del oeste africano. Se presentan las conclusiones de los resultados obtenidos de la simulación del despliegue de estas redes. Se resume la estructura que tiene una red GPON (Gigabit Passive Optical Networks), explicando los elementos más importantes que posee una red de este tipo y la evolución existente así como futuras tecnologías que mejoren a las actuales. Se explica la manera de hacer llegar al continente africano la fibra óptica, el despliegue submarino de fibra óptica ha hecho que este tipo de proyectos se puedan realizar.

El estudio de mercado comienza a partir de la identificación de los países de la zona oeste de África que poseen más recursos y posibilidades, en cuanto a nivel adquisitivo de la población, y así hacer que el proyecto tenga rentabilidad. Tras analizar las características de todos los países de la zona mencionada, se realiza el estudio para Ghana, Nigeria y Costa de Marfil. Las principales cuestiones a las que se dan respuesta son:

- La estimación de los costes, inversión inicial y gastos, en los que incurriría el operador para desplegar su propia red de fibra óptica.
- Estudiar la viabilidad del despliegue de redes de fibra óptica en determinadas zonas según las estimaciones comunes para este tipo de despliegues de redes GPON.
- Determinar cómo influyen las variables sobre los resultados en estos despliegues de fibra óptica, e identificar aquellas que tienen influencia decisiva sobre la viabilidad del proyecto.

Se ha supuesto que un proyecto de despliegue de redes de fibra óptica es viable para un operador siempre que el valor actual neto (VAN) de dicho proyecto sea positivo, fijando un tiempo de recuperación de 10 años. En este sentido, en industrias de red como es la

industria de las comunicaciones electrónicas, los tiempos de recuperación de inversión son elevados. Es una industria que se caracteriza por requerir inversiones iniciales muy altas, con una gran proporción de costes hundidos y periodos dilatados de amortización de elementos.

El VAN se calcula usando un modelo dinámico, de forma que los parámetros introducidos en el modelo varían en el tiempo. Para ello, se calcula, por una parte, la inversión requerida para el despliegue de la red de fibra, y por otra parte, los flujos de caja de cada periodo. Para estimar los ingresos en cada periodo, se realizan predicciones de la demanda de los servicios.

La inversión requerida para el despliegue de la red de fibra se determina a partir de un modelo técnico. El modelo desarrollado ha tomado como base los supuestos de dimensionamiento y coste que se han empleado para el despliegue de red de acceso en otros proyectos, llevados a cabo por empresas referentes del sector como Telefónica, entre otras. [\[1\]](#).

No obstante, estos parámetros han sido empleados para un despliegue de red con un marco económico, social y geográfico distinto, como es Europa, y más en concreto España. De ahí que estos parámetros se han adaptado conforme al operador, la dimensión de la red, y la zona en la que nos encontremos.

1.2 Objetivos

El objetivo principal del proyecto es determinar la viabilidad económica para desplegar redes de fibra a través de la estimación de VAN de un proyecto a 10 años en países del oeste africano.

Por ello, es fundamental determinar los siguientes elementos:

- Costes de despliegue de redes de fibra para el tramo de acceso.
- Demanda e ingresos.
- Costes necesarios para completar la provisión de los servicios finales.

Para el primer punto, se realiza un modelo técnico que determinará los costes de despliegue de redes de fibra en función de la cobertura.

Para determinar los ingresos, se necesita conocer la demanda, tanto la actual como la futura de los distintos servicios. Para estimar la demanda de telefonía, Internet de banda ancha y TV se han realizado predicciones sobre la evolución futura de estos mercados.

También hay objetivos técnicos, se necesita encontrar la solución más adecuada para la zona o el país en el que se realice el despliegue de fibra, debido a que el continente africano sufre constantes cambios tanto sociales como de infraestructura, esto debe de tenerse muy en cuenta a la hora de realizar un estudio previo de la estructura de red a emplear, o la metodología de despliegue que se va seguir. Se debe conseguir el mayor aprovechamiento de la red, tanto para ofrecer el máximo de los servicios a los clientes como para mejorar la rentabilidad del proyecto.

1.3 Motivación

La fibra óptica es una tecnología clave para el desarrollo no sólo tecnológico, sino social de los países tanto desarrollados como en vías de desarrollo. Con ella se pueden desplegar soluciones de banda ancha y es imprescindible para facilitar el acceso de la sociedad a la información y que además es básica en países africanos que actualmente se encuentran en un amplio proceso de desarrollo y de mejora de calidad de vida.

El uso de la fibra óptica permite a la empresa que realiza su despliegue un uso eficiente de los servicios que ofrece la red, impulsando la transformación de la red con anticipación suficiente para posibilitar la oferta de servicios a los clientes y optimizando los recursos disponibles de planta, inversiones y gasto para facilitar la actividad de ventas a precios competitivos. Además se pueden introducir nuevas tecnologías o evoluciones de las que ya están instaladas que hacen que se asegure una respuesta eficiente a las necesidades que se demanden por los clientes.

1.4 Estructura de la memoria

Capítulo 1

El primer capítulo ofrece una visión general del alcance del proyecto y objetivos.

Capítulo 2

En este segundo capítulo se presenta y describen tanto las características como la evolución de la fibra óptica. Se analizan las tecnologías de telecomunicaciones y se describe el método de despliegue de fibra óptica submarina, que está presente en el oeste africano.

Capítulo 3

En este capítulo se presenta y describen las características y elementos que posee una red GPON, analizando los más importantes. Se explican las posibilidades que hay para realizar un despliegue de infraestructura exterior u obra civil.

Capítulo 4

En este cuarto capítulo se expone la investigación realizada en África para determinar los países con más posibilidades frente al despliegue de fibra óptica.

Capítulo 5

En este quinto apartado se presenta el carácter económico que tiene un despliegue de fibra óptica convencional, a partir de la inversión a realizar, los gastos que conlleva y los ingresos que se obtienen con ello, a lo largo de los años que dura el proyecto.

Capítulo 6

El sexto capítulo presenta y describe las características que posee el país de Ghana, las zonas con mayor oportunidad de negocio para el despliegue, en este caso concreto las zonas a estudiar son todas del mismo tipo, *Gated Communities*. Se elabora un estudio con los datos que se extraen de realizar el proyecto de fibra con una breve conclusión de ellos.

Capítulo 7

En el séptimo capítulo se presenta y describen las características que posee el país de Nigeria, las zonas con mayor oportunidad de negocio para el despliegue de fibra óptica. Finalmente se elabora un estudio con los datos que se extraen de realizar el proyecto de fibra y una breve conclusión de ellos.

Capítulo 8

En este octavo capítulo se presenta y describen las características que posee el país de Costa de Marfil, las zonas con mayor oportunidad de negocio para el despliegue de fibra óptica, en este caso hay dos zonas claramente diferenciadas de diferentes características. Finalmente se elabora un estudio con los datos que se extraen de realizar el proyecto de fibra y una breve conclusión de ellos.

Capítulo 9

En este noveno capítulo se presentan los diferentes tipos de riesgos que puede haber en este tipo de proyectos, al ser proyectos largos y estar en zonas con posible problemática que afecta el desarrollo del proyecto. Se estiman las consecuencias que estos riesgos pueden tener, tanto económicamente como en los plazos de consecución del proyecto.

Capítulo 10

En el décimo capítulo se exponen las conclusiones obtenidas a partir de los despliegues en los tres países que se han analizado.

Al terminar el desarrollo de todos los capítulos, se muestran todas las fuentes que han servido de ayuda durante la realización de este Trabajo de Fin de Grado, el glosario, y los anexos.

El primer anexo [1], describe la metodología empleada para desarrollar el TFG. Se incluyen las etapas en las que se ha dividido el desarrollo del proyecto. Se explica el plan de trabajo que se ha realizado.

El segundo anexo [2], muestra el presupuesto de la realización del proyecto de despliegue de fibra óptica y se desglosa en coste de personal, coste de equipos y coste general.

Capítulo 2. Fibra óptica hasta el hogar: tecnología y fibra submarina

2.1 Características: tecnología y escenarios

Para ofrecer fibra óptica hasta el hogar existen varias opciones:

- PON (Passive Optical Networks)
- ASON (Active Optical Network)

La diferencia esencial entre las dos está en la planta externa, PON no requiere de componentes electrónicos activos en ella (es decir, que necesitan alimentación), y ASON sí. La opción más extendida es la topología GPON (Gigabit Passive Optical Networks), ya que es más barata que las otras al no requerir dispositivos electrónicos u opto-electrónicos activos para la conexión entre el abonado y la central. En relación con el estudio que se va realizar en Ghana, Nigeria y Costa de Marfil, a pesar de disponer de más tecnologías como ASON, GPON es la tecnología más adecuada, en base a la densidad de usuarios, y a la disponibilidad. [2].

GPON es una tecnología mucho más ventajosa que las anteriores ramas de las que deriva (APON, BPON) ya que proporciona más ancho de banda, converge con la voz, los datos y el video sobre la infraestructura IP (Internet Protocol), por lo que se incrementa la eficiencia de la Red. Además tiene muchas ventajas en cuanto a complejidad, flexibilidad y está preparada para sistemas futuros. GPON lleva asociada la solución GEM (GPON Encapsulation Method), que es un nuevo protocolo definido para GPON y se usa para la encapsulación de los datos a la fibra.

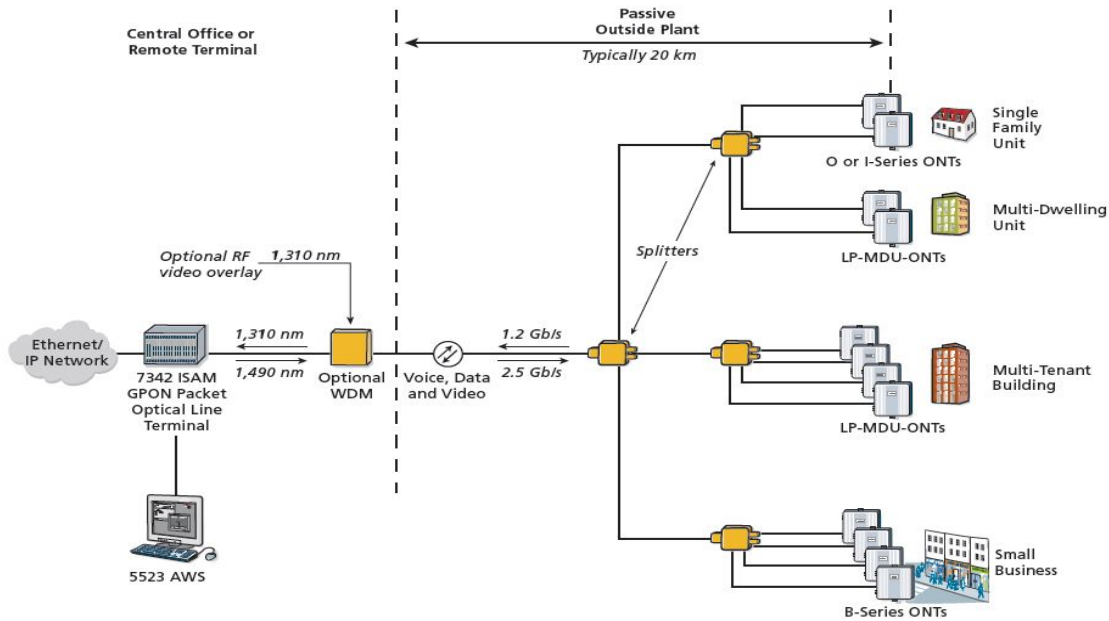


Ilustración 1 - Esquema convencional de una red GPON

El tráfico entre dos de los elementos activos de la red fuera de la planta externa como son la OLT (Optical Line Terminal) y la ONT (Optical Network Terminal), lleva asociado técnicas de seguridad AES (*Advanced Encryption Standard*). El tráfico de subida y bajada entre la ONT y la OLT, se envía por longitudes de onda diferentes, evitando así las colisiones. Las transmisiones de subida (desde la ONT a la OLT) sin colisiones se aseguran con los protocolos TDMA (*Time Division Multiple Access*), además con TDMA solo se transmite cuando es necesario. Aparte de llevar dos longitudes de onda en función de la dirección del tráfico, usando WDM (*Wavelength Division Multiplexing*), se emplea otra longitud de onda para el *broadcast* de vídeo RF. Con ello se pueden prestar servicios por varios caminos, RF e IP.

En la fibra óptica existe cada vez más competencia y los operadores son más eficientes reduciendo el coste de la infraestructura, o aumentando los ingresos a través de nuevos servicios e incluso realizan mejoras en sostenibilidad. Para lograr esto entre otras opciones existe la de reducir el número de centrales o la de compartir la red de infraestructura con

otros operadores. En algunos casos se comparte tanto la red pasiva como la activa, así es necesario menos equipos de red y por tanto menos inversión. [3] [4].

Para tener nuevas fuentes de generar ingresos se pueden ofrecer nuevos servicios, asociados a la TV o al video, y todo sobre la infraestructura ya instalada. Un futuro sostenible se obtiene reduciendo el consumo energético y reduciendo el equipamiento de las telecomunicaciones.

Desde el punto de vista de la sociedad también es muy importante la fibra óptica, en África hará que el desarrollo en las zonas donde se despliegue crezca con una mayor velocidad, ya que posibilita el acceso a la Sociedad de la Información, genera un importante incremento del PIB, creación de puestos de trabajo, y destapará nuevas oportunidades de negocio para los habitantes de las ciudades. En cuanto a sostenibilidad, haría menos falta el uso del papel, ya que todo sería mucho más electrónico, y no sería necesario realizar tantos desplazamientos, por ejemplo para realizar una transacción bancaria. Se mejora la educación, con la accesibilidad a más medios para una mejor formación. Las empresas también mejoran ya que aumenta su producción, y pueden comunicarse de una forma más rápida a través de la intranet de la empresa.

2.2 FTTX

Fiber to the x:

Para la fibra óptica existen varias posibilidades de finalización:

- Fiber to the home (FTTH): la fibra llega hasta el hogar del cliente o a la oficina.
- Fiber to the buiding (FTTB): en este caso la fibra acaba antes y no se introduce dentro de la casa o de la oficina, suele terminar en un lugar cercano a ellos y desde ahí se usa la tecnología VDSL2 (Very High bit-rate Digital Subscriber Line 2) sobre cobre, o Gigabit Ethernet sobre par trenzado. Este tipo de finalización es más barato y se puede reutilizar el cobre existente en el último tramo.
- Fiber to the Cabinet (FTTC): la fibra acaba un poco antes que FTTB.

- Fiber to the node (FTTN): Es la opción que termina más lejos de la casa u oficina. Suele ser una cabina exterior donde va el equipo.

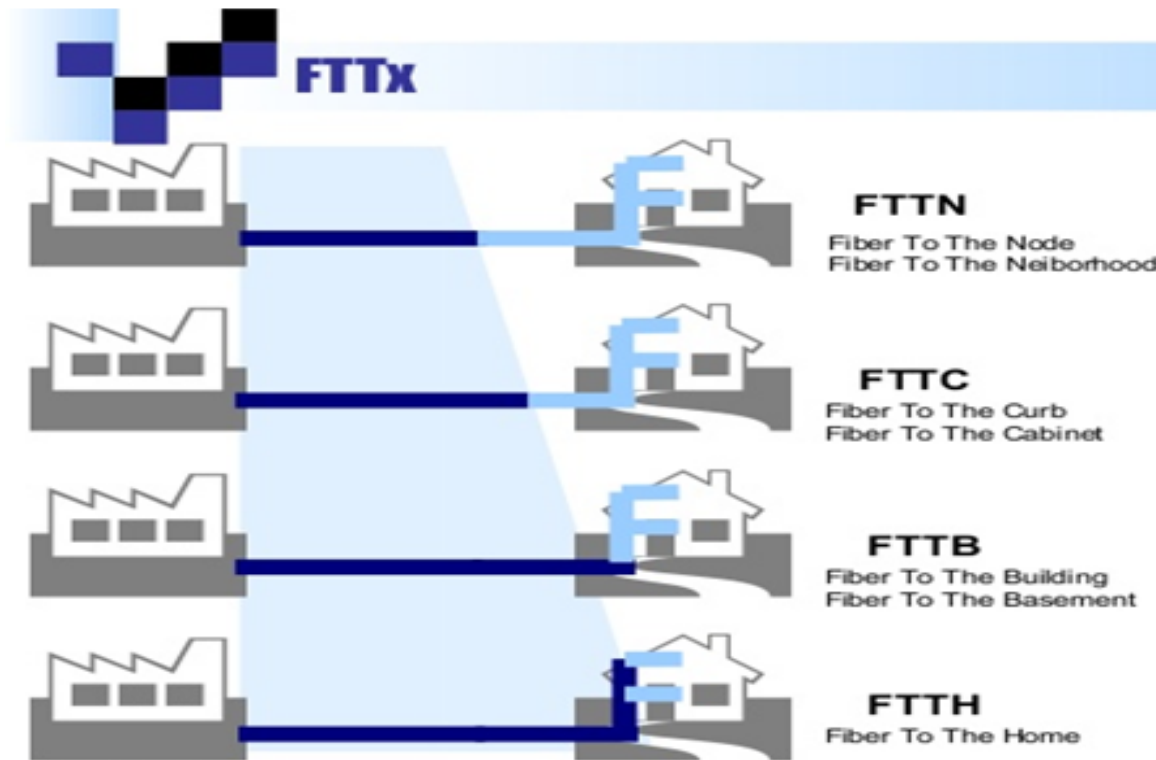


Ilustración 2 – Ejemplo de las posibles terminaciones FTTx

2.3 Fibra óptica submarina

Despliegue de fibra óptica submarina

El cable Submarino de fibra óptica es una de las formas más fiables de llevar las comunicaciones móviles a este continente. Después de analizar todas las posibles opciones de hacer el continente africano más avanzado, esta es la manera más rápida, ya que los usuarios móviles cada vez aumentan más con respecto a los de telefonía fija debido a la falta de infraestructuras y a la escasez de recursos. Existen varias empresas y proveedores relacionados con el sector de las telecomunicaciones que están involucrados en la instalación del cable de fibra óptica submarino en el oeste africano, y en algunos casos ya se ha finalizado. Lo que se pretende es aprovechar las distintas conexiones que estos cables

submarinos hacen en las ciudades costeras. A continuación se muestra una imagen de la red de cables submarinos instalados por todo el mundo.

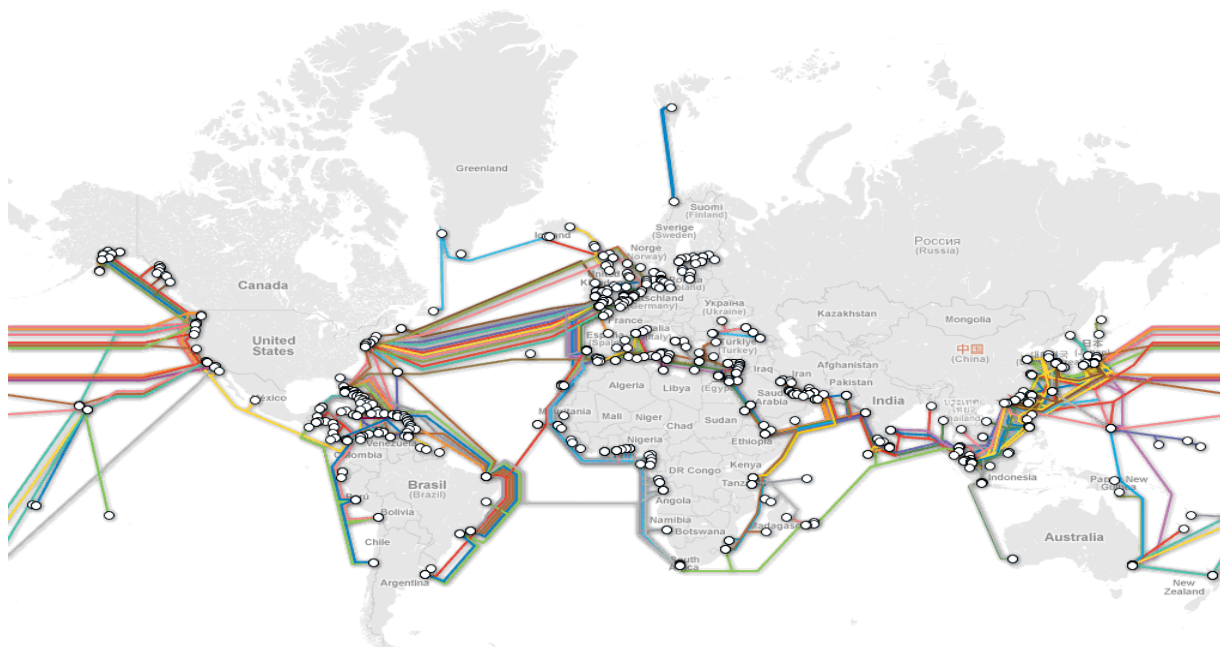


Ilustración 3 -Vista de los numerosos enlaces de fibra óptica submarina en el mundo [5].

Para llevar a cabo este proceso de despliegue de la fibra óptica submarina el cable se coloca en el fondo marino del océano o mar y sirve para transportar energía o transmitir comunicaciones. El modo de operación es común, se realiza a través de poderosas embarcaciones adaptadas para ello que van desplegando el cable de fibra por tramos. A estas embarcaciones se las conoce como buques cableros, suelen llevar operarios cualificados en este tipo de tecnologías. También lleva aparatos de alta precisión, en cuanto a posicionamiento, con alta precisión para la colocación de los cables en el fondo marino. No son barcos excesivamente rápidos, pero tienen gran potencia para transportar cientos de toneladas de cable.

Esto se hace así debido a la importancia de la seguridad, de este modo se pueden detectar rápidamente errores en las comunicaciones y que se identifique la zona donde se producen esos errores. Para estos cables se usa la multiplexación por longitud de onda, más conocido

como WDMA. Esto conlleva que las ondas de luz se propagan indistintamente en la fibra óptica y así se consigue el uso de varias λ s, lo que implica el aumento de la capacidad a la hora de transportar la energía o las comunicaciones. [6] [7].

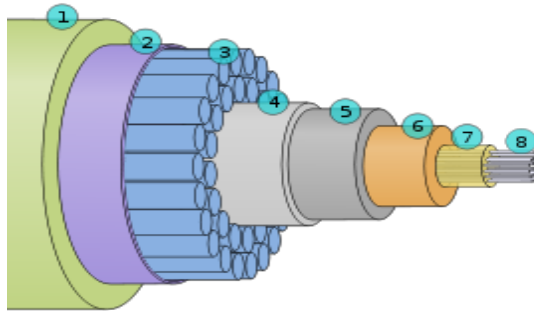


Ilustración 4 - Vista del interior de un cable de fibra óptica submarina

- 1 - Polietileno
- 2 - Cinta de Mylar
- 3 - Cable de alambres de acero
- 4 - Aluminio, como barrera frente al agua
- 5 - Policarbonato
- 6 - Tubo de cobre o aluminio
- 7 - Gel de petróleo
- 8 - Fibras ópticas

Para la instalación de los cables submarinos, previamente es necesario realizar un reconocimiento de la zona donde se va a actuar y del trayecto que debe tomar para el correcto funcionamiento posterior, esto se realiza con un reconocimiento batimétrico en las profundidades marinas, y así se puede precisar con exactitud la trayectoria a seguir.



Ilustración 5 - Buque cablero que se usa para desplegar la fibra óptica por el océano

Previamente al despliegue hay una serie de pasos que hay que cumplir de forma estricta.

Trazado

Hay que realizar un trazado previo antes de comenzar con el proyecto, como se ha comentado anteriormente esto se puede hacer con un estudio batimétrico o con cartas de navegación, además de tener muy presentes las leyes vigentes en cada terreno, sus reglamentos, actividades como la pesca u otras que puedan influir en el transcurso del despliegue, tener en cuenta los fenómenos naturales que se puedan dar en la zona como los movimientos de tierra o actividades sísmicas.

FUNCIONAMIENTO DE UN BUQUE CABLERO

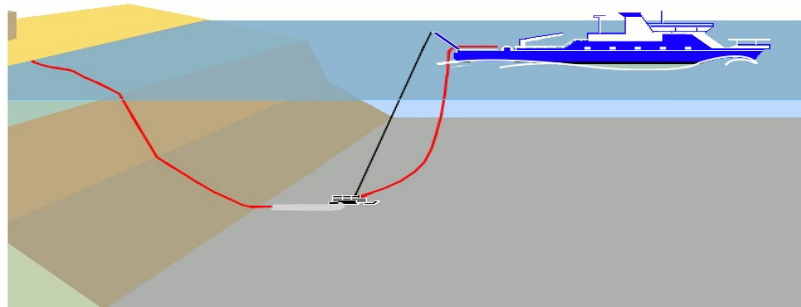


Ilustración 6 - Funcionamiento buque cablero desplegando la fibra al fondo marino

Embarque

Para el embarque se añaden los cables y repetidores como carga del barco pero mirando cuidadosamente el reparto de las cargas en el mismo elaborándose un plan para este reparto de cargas, teniendo en cuenta la colocación, el sentido y el orden en el que se van a llevar a cabo las operaciones con dicho cable.

Colocación

Hay 3 partes para la colocación, que son:

- **Amarre a tierra:**

En esta parte lo principal es que el barco este lo más próximo a tierra posible, junto al trazado que tomara el cable de fibra, y así llevar el cable a la playa para allí conectarlo a la red terrestre existente.

- **Colocación en zanjas submarinas:**

El cable se suele colocar en zanjas de 80cm y con una profundidad de 20 a 1500m, siempre y cuando el terreno permita estas dimensiones. Esto es posible ya que el barco lleva una especie de arado con el que va formando el surco y a medida que se va avanzando se va desplegando el cable.

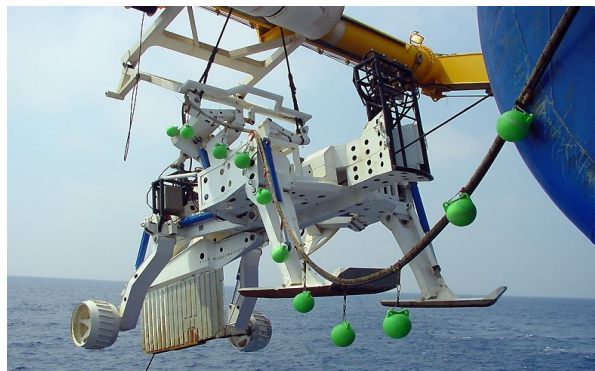


Ilustración 7 - Maquinaria con la que se fija el cable al fondo marino

- **Colocación principal:**

Cuando nos encontramos en alta mar, lejos de una zona costera el barco tiene maquinaria para colocar en el fondo el cable en función de la velocidad a la que va el barco, para saber la longitud que hay que desplegar sin que haya tensión en el cable. Dicho cable dentro del barco se ubica en las bodegas.

Reparación de los cables

Podemos encontrar cualquier problema con los cables, las averías pueden producirse por múltiples complicaciones, como movimientos sísmicos, avalanchas submarinas, enganches en redes de pesca o en anclas de otros barcos, entre otras muchas causas.

Si se quiere reparar un cable submarino, primero el barco debe analizar la zona del cable dañado, para saber que características hay en el entorno de la zona a reparar, en el caso de que estuviera a mucha profundidad, sería necesario cortar e izar al barco para sustituir dicho tramo por otro de mejores prestaciones. Existen puertos con la preparación adecuada para este tipo de casos, en las trayectorias que el cable submarino recorre. [\[8\]](#)
[\[9\]](#).

Capítulo 3: Red GPON

3.1 Elementos de la red

GPON es un estándar potente pero a la vez complejo de implementar. Los elementos más importantes que componen la red GPON son la OLT y la ONT (como elementos activos fuera de la planta externa), y ODF y splitters, que forman parte de los elementos pasivos. La red GPON tiene un alcance máximo de 20 km. La situación de cada uno de los elementos en la red es similar en la mayoría de los despliegues, pero la variabilidad de equipo de ONT es mayor debido a que debe ajustarse a las exigencias del cliente o de la ciudad. A continuación se describen más en detalle cada uno de ellos.

3.1.1 OLT

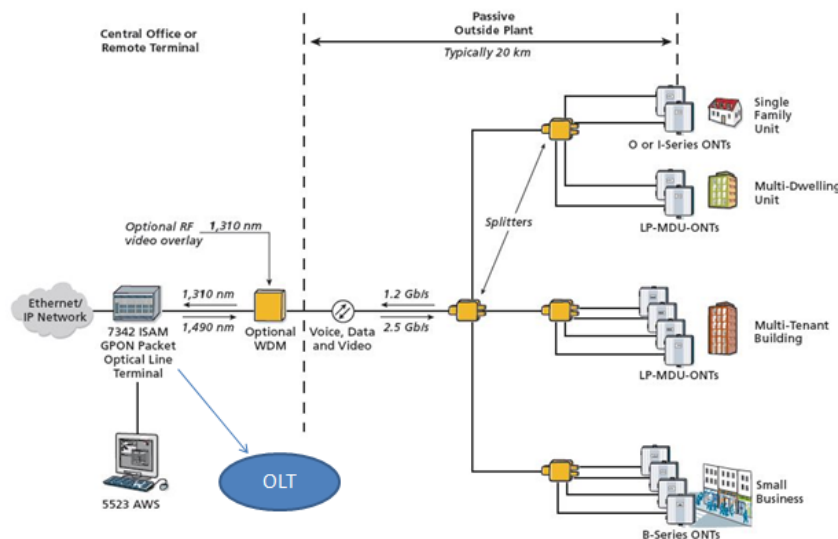


Ilustración 8 - Identificación OLT dentro del esquema de red GPON

La OLT es el elemento activo situado en la central telefónica, fuera de la planta externa. Realiza funciones de router y encamina el tráfico de los clientes hacia la red de agregación. La OLT se dimensiona dependiendo del tamaño de la red que queremos conectar, los HP

(Hogares Pasados) que se quieran alcanzar, y en función de las previsiones de cantidad de clientes.

[10]. Un ejemplo de OLT es el equipo 7360FX de Alcatel-Lucent, el cual se puede reconfigurar para usarlo con un determinado objetivo u otro. La capacidad por slot es de 2x100 Gbps, además posee diferentes puertos para conectividad, como son los 256 puertos GPON, 64 puertos XG-PON o 576 puertos Ethernet. Estos equipos tienen modularidad y en función al uso que se le quiera dar, se pueden acoplar a 16, 8 ó 4 tarjetas. [11] [12].



Ilustración 9 - Modelo de OLT con 16 tarjetas de Alcatel-Lucent



Ilustración 10 - Modelo de OLT de Ericsson [13].

TARJETAS PARA OLT's

Un ejemplo de tarjeta para GPON es [14]:

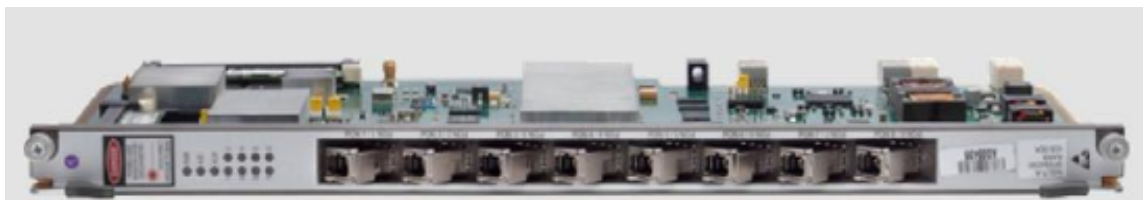


Ilustración 11 - NGLT-A, 8 puertos GPON, de Alcatel-Lucent

3.1.2 ONT

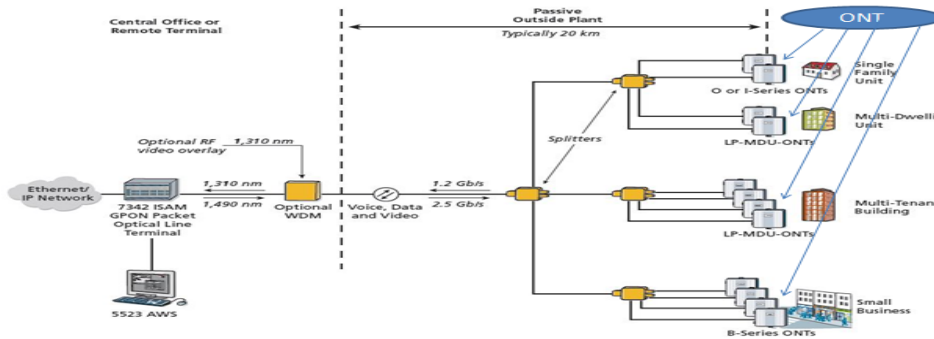


Ilustración 12 - Identificación ONT dentro del esquema de red GPON

Como último paso después de completar la red de GPON hay que utilizar las ONT para llegar a los hogares, las cuales pueden tener diferentes características. En función de la zona en la que se va a trabajar, si es privada o con mucha seguridad, se pueden utilizar diferentes tipos, pueden ser indoor o outdoor dependiendo del cliente y sus restricciones. En el caso de ONT outdoor tienen que estar preparadas para resistir las condiciones meteorológicas y suelen estar acompañadas de baterías.

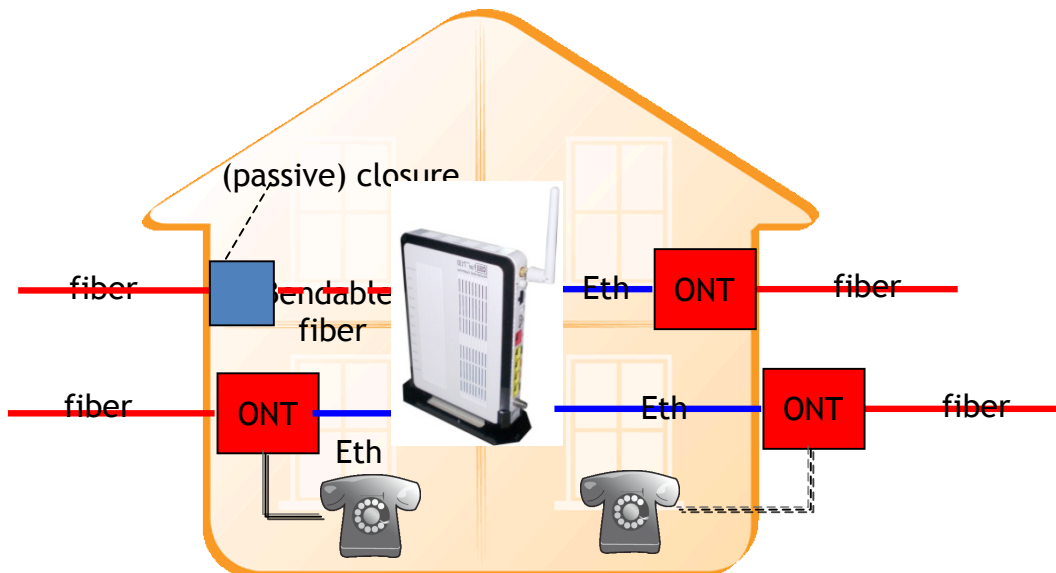


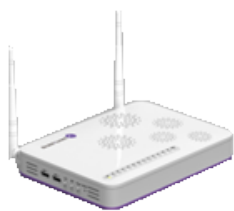
Ilustración 13 - Esquema de tipos de conexiones con ONT para llegar al cliente

Como se puede observar en la imagen, hay múltiples opciones de instalar la fibra óptica en los hogares. Se puede usar un único equipo (ONT con router incorporado), o dos equipos (ONT de nivel 2 y router). En caso de un solo equipo, la instalación es más sencilla (una sola caja y una sola alimentación). La ventaja de tener dos cajas es que la ONT puede ser muy sencilla y común para todos los hogares, asociando los interfaces requeridos por el cliente al router. Cuando queremos una arquitectura que termine FTTN (Node) o FTTB (Building), las ONT se convierten en MDU (Multi-Dwelling Units), que pueden dar servicio a varios hogares.

Según las restricciones del cliente, la ONT se equipa dentro de la casa o no. Podemos encontrarnos con clientes que quieren preservar su intimidad, o que simplemente por seguridad prefieren dejar la ONT fuera, y desde ella también pueden tener el mismo servicio que obtiene el cliente que acepta tener la ONT dentro de casa.

Las ONT pueden llevar muchas conectividades para ofrecer múltiples servicios al cliente, en función de los servicios que el cliente requiera se instalan unas ONT u otras. Estas son algunas de las opciones que hay:

➤ Con WIFI:



- I-240W-A



- I-241W-U

Ilustración 14 - Ejemplos de ONT con Wifi de Alcatel-Lucent [15].

Una característica de los dos modelos anteriores es que están diseñadas para que solo sea necesario instalar un equipo.

- Sin WIFI:



-I-010G-U

Ilustración 15 - Ejemplo de ONT sin Wifi de Alcatel- Lucent [16].

Este modelo de ONT requiere de la instalación de otro equipo (router), soporta video y altas velocidades de internet, hasta 1 Gbps.

También se destaca el equipo 7363 ISAM MX-6 (ilustración 16), de segunda generación, con alta densidad de banda ancha e integra múltiples puertos para la conectividad con las tecnologías ADSL, VDSL o vectoring. Además está preparada para añadir más tecnologías si fuera necesario, como por ejemplo G-fast o FE (Fast Ethernet). Este equipo es considerado MDU (Multi Dwelling Unit), ya que a través de él se puede dar servicio a varios hogares. [17].



Ilustración 16 - Equipo 7363 ISAM MX-6 de Alcatel-Lucent

3.1.3 ODF

Se instalan repartidores ópticos (ODF) como punto intermedio para las conexiones entre los puertos de las tarjetas GPON y los cables de salida de la central GPON. El repartidor

óptico permite flexibilizar las conexiones mediante el uso de latiguillos. La configuración del ODF será en modo interconexión (los puertos de la OLT se conectan directamente contra las fibras de salida a la calle).



Ilustración 17 - Repartidor óptico

3.1.4 Splitters

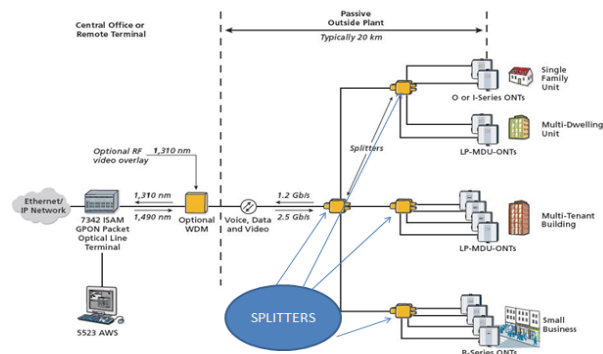


Ilustración 18 - Identificación splitters dentro del esquema de red GPON

Los splitters son los elementos pasivos de la planta externa y se usan para conseguir separar las fibras que vienen de una sola fuente en fibras idénticas según una escala previamente estudiada para el despliegue, son divisores. La red de distribución contiene más niveles de splitting para llegar a los clientes. Para saber la regla de splitting

(multiplexación) a utilizar (1:32, 1:64, etc.), hay que conocer la tasa de penetración de cada edificio. Es fácil explicarlo a través de la siguiente imagen.

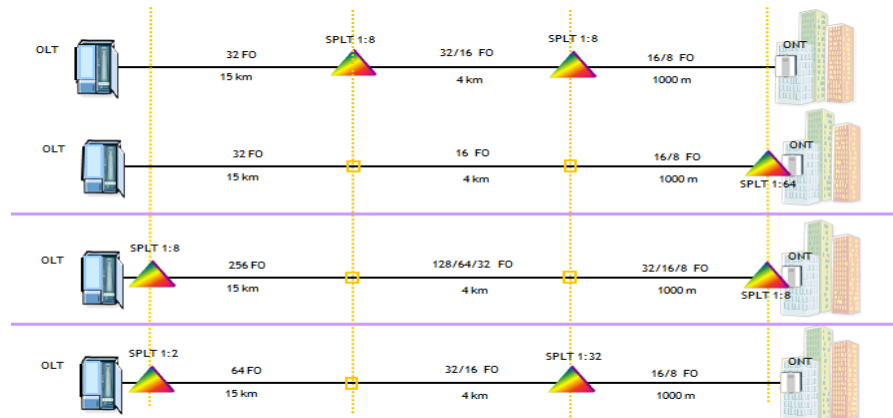


Ilustración 19 - Ejemplos de distintas posibilidades de splitting en la red

Se puede ver cómo se pueden combinar los distintos splitters en los distintos niveles de la red y obtenemos siempre el mismo resultado.

Es más recomendable usar cables de 32 fibras que cables de 48 o 64 fibras porque el de 32 se puede manejar más fácilmente, es menos pesado y los cables de 48 o 64 fibras requieren más infraestructura. Los de 32 tienen menor radio de curvatura y esto hace que se necesiten menos metros y el despliegue es rápido y de menor impacto estético en los edificios.

Para el uso de splitters, es mejor la división 1:8 que 1:64 ya que la tecnología que llevan los divisores 1:64 es mucho más cara y más difícil de manejar.

Se puede reducir el CAPEX/OPEX si se utiliza un divisor idéntico tanto en el primer nivel de splitter como en el segundo.

3.2 Estructura de la red

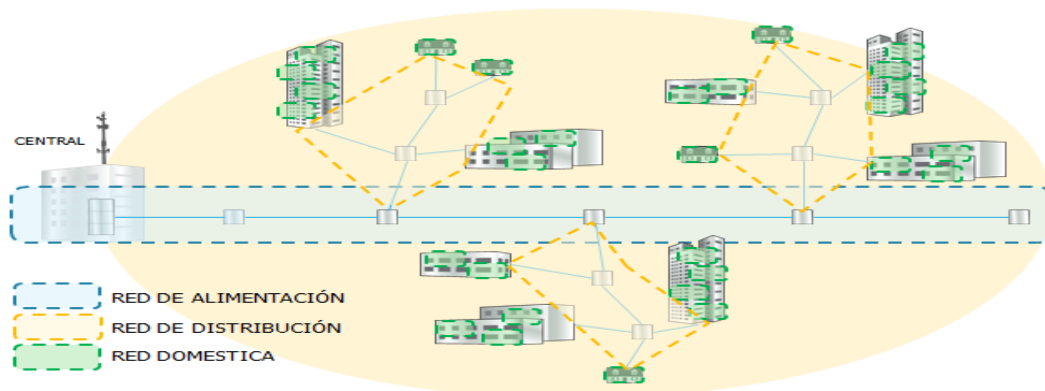


Ilustración 20 - Ejemplo estructuración de red GPON

Como se ha visto la red de alimentación se compone de la central, que va acompañada a la OLT y otros elementos de la red GPON como repartidores ópticos, splitters, etc.

En la red de distribución también se encuentran las cajas de distribución óptica, que es el paso previo para llegar a la red doméstica. Existen dos formas de emplear la distribución para los clientes, interiormente y exteriormente. Normalmente los edificios construidos en los últimos 10-15 años ya tienen la instalación hecha para que la red de distribución sea interior. En el caso de ser exterior, la distribución se haría a través de la fachada.



Ilustración 21 - Ejemplo de red de distribución iniciada exteriormente

Finalmente, la red doméstica es la que conecta con el cliente, aquí está el punto de terminación óptica y desde él sale una única fibra que ira conectada a la ONT. Después puede existir conexión con el router o bien no es necesario porque la propia ONT soporta todo el servicio que se quiere ofrecer, estas ONT suelen ser de nivel 3, anteriormente en el apartado de equipos Alcatel-Lucent se han visto algunos ejemplos. También existen ONT con servicios adicionales, según la petición y necesidades del cliente.

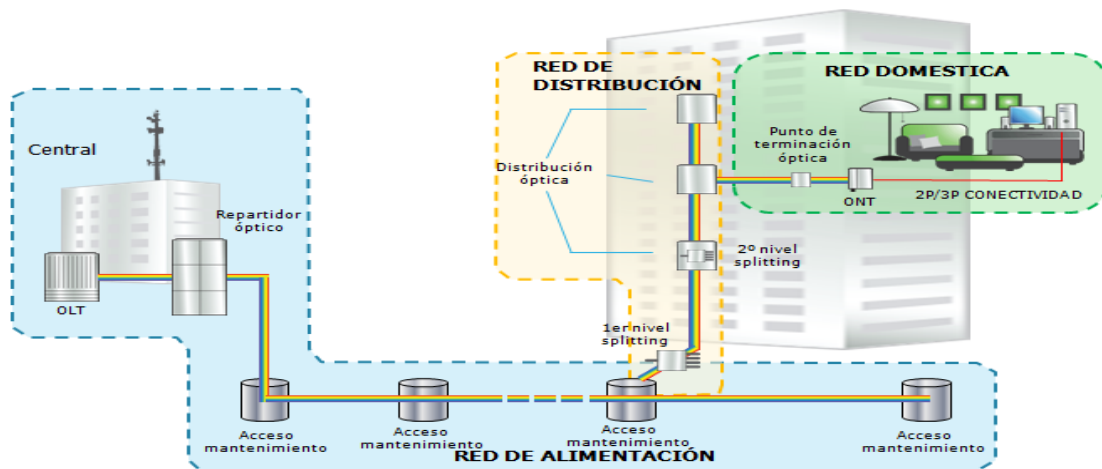


Ilustración 22 - Estructura detallada de red GPON

3.3 Evolución de GPON

La nueva generación de redes de fibra óptica está muy cercana. La nueva tecnología de acceso a fibra prevista es la NG-PON2 (Next Generation Passive Optical Networks), y va ir acompañada de la tecnología TDWM PON (Time and Wavelength Division Multiplexed PON). Esto supone menos coste para los operadores (la red pasiva y planta externa se reutiliza), y menos riesgo. Los avances son necesarios, ya que los operadores necesitan algo más de lo que ofrece GPON para sacarle el máximo partido a sus redes y tienen que rentabilizar y maximizar las inversiones que realizan en las infraestructuras de fibra óptica. El factor de tener muchos servicios para ofrecer, hace que la red sea mucho más eficiente. [\[18\]](#) [\[19\]](#).

FSAN (Full Service Access Network) y UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) son los encargados de la estandarización. Hay dos fases para la evolución de la fibra, NG-PON1 y NG-PON2, a medio y largo plazo respectivamente.

NG-PON1 se basa en la tecnología XG-PON1 (Ten-Gigabit-Capable Passive Optical Networks), que ofrece 10 Gbps de bajada y 2,5 Gbps de subida. Para desarrollar más la idea de NG-PON2, se presentan dos posibilidades. Una posibilidad son las redes PON con DWDM-PON (Dense Wavelength-Division Multiplexing PON), tienen una característica muy diferenciadora, y es que soportan muchas longitudes de onda sobre una única fibra. Cada usuario de red PON tiene una longitud de onda dedicada con ancho de banda simétrico de 1 Gbps, en un futuro se podrán dar 10 Gbps. Esta opción tiene varios inconvenientes ya que tiene un coste muy alto (especialmente en los componentes ópticos), que en el mercado residencial sería complicado, además no puede soportar compartición entre usuarios y tiene problemas de complejidad a la hora de asignar una longitud de onda por usuario. La otra posibilidad son las redes PON con TWDM-PON: proporciona 4 o más longitudes de onda por fibra y cada una de ellas posee velocidades configurables simétricas o asimétricas de 2,5 Gbps ó 10 Gbps.

Para DWDM-PON y la flexibilidad que se obtiene es necesario una inversión en equipamiento (CAPEX) hasta dos veces superior a la inversión actual de GPON, y unos costes operativos (OPEX) significativamente mayores: centrales más grandes, repartidores ópticos adicionales, mayor complejidad operativa, entre otros factores negativos. Sin embargo TDWDM permite un mayor ancho de banda (hasta 10 Gbps para cada usuario con un total de 40 Gbps) y una flexibilidad óptima en relación al ancho de banda por usuario, gestión de la fibra, convergencia de servicios y compartición de recursos. Estas mejoras se consiguen con una inversión de capital CAPEX un 30% inferior y con una menor complejidad operativa que DWDM.

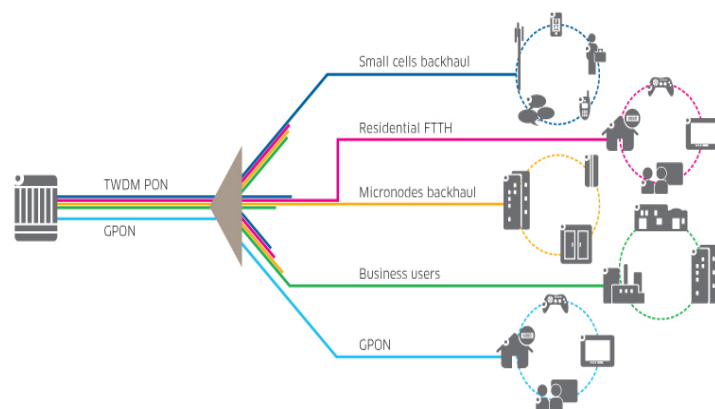


Ilustración 23 - TWDM-PON asigna distintas longitudes de onda a diferentes servicios

TWDM puede suministrar, gestionar y evolucionar hacia el ancho de banda más adecuado para los diferentes servicios. También puede soportar la convergencia de más servicios y usuarios en una misma infraestructura. Estas capacidades supondrán ahorros de CAPEX e ingresos adicionales.

Uno de los requisitos clave de NG-PON2 es preservar las inversiones actuales en redes PON de los operadores y que les permita reutilizar su componente más costoso: la planta externa. TWDM-PON responde a este requisito de tres formas:

- **Compatibilidad con GPON:** TWDM-PON puede coexistir y desarrollarse sobre los despliegues actuales de GPON. Esta coexistencia garantiza que la inversión de los operadores en fibra seguirá aportando valor a largo plazo.
- **Impacto nulo en la planta externa:** normalmente TWDM-PON no tiene ningún impacto operativo o en los costes de los componentes pasivos existentes, incluida la planta externa.
- **Facilidad de introducción:** TWDM-PON puede introducirse gradualmente en los despliegues actuales de fibra FTTX. Se pueden utilizar soluciones integradas para múltiples longitudes de onda y, en algunos casos se puede encontrar más sencillo

comenzar con una longitud de onda e ir añadiendo más longitudes de onda a medida que se incrementa la demanda de ancho de banda.

Las nuevas evoluciones de GPON van a ser trasladadas a la red de fibra creada en África en cuanto se desarrolle por completo con un coste mínimo debido a la interoperabilidad de la red.

3.4 Opciones de obra civil en un despliegue de fibra óptica

La obra pública a realizar puede suponer en algunos casos llegar a superar el 70% de la inversión a realizar si se lleva a cabo en zonas con pocos usuarios. Hay que añadir también el coste de las licencias para realizar este tipo de obra civil, en algunos casos es necesario el corte de la circulación. [\[20\]](#).

Existen varios tipos de instalación de la fibra óptica respecto a la obra civil. A continuación se exponen algunos de ellos:

Instalación aérea:

Este método es más sencillo que los demás, además de que los costes son más bajos, pero está limitado a la existencia de postes para la colocación de los cables. También tiene que atender a la legislación que haya en cada ciudad y país, así como cuidar ciertos criterios de estética. Otro factor negativo es que los cables dependen de la condición climática y por ello tiene que llevar una instalación adecuada para soportar fenómenos atmosféricos.

Instalación subterránea en zanjas:

El cable de fibra óptica se puede enterrar o bien colocarlo en conductos adecuados para ello. Es una opción aprovechar el mantenimiento o renovación de determinados servicios que puedan producirse, ya sea de alcantarillado o de carreteras y así conseguir reducir el coste de la instalación. Otra opción para reducir costes es compartir infraestructura entre operadores.

Instalación subterránea en galerías de servicio y alcantarillas:

Esta solución junto con la de la instalación por tendido aéreo son las dos mejores en cuanto al poco gasto económico.

Sin embargo en este caso es necesario un consenso con los operadores y las autoridades locales para que cedan la instalación que ya existe y así poder desplegar sobre ella nueva infraestructura. Con este método se evita realizar nuevas obras pero puede suceder que la infraestructura existente no esté acondicionada para el nuevo servicio.

Instalación en microzanjas:

Este método logra reducir el impacto de la obra civil además de reducir el coste a una tercera parte de lo que es la canalización normal.

Se realiza una zanja de muy pequeño tamaño, de entre 1 y 10 cm de ancho y 10 a 20 cm de profundidad, dependiendo de la dimensión del cable que se quiera instalar. También hay que colocar materiales protectores para el cable o incluso conductos para posteriormente llevar el cable por ellos. Posteriormente se sella con material bituminoso. El trazado del cable debe ser en línea recta en la medida de lo posible, cuando esto sea inevitable se realizan cortes en ángulo.

Las ventajas de este método son:

- Reducción de costes de instalación.
- Menor afección a tráfico y usuarios que la obra civil tradicional.
- Rapidez.
- Poca producción de escombros.
- Baja penetración en el subsuelo.
- Facilidad de mantenimiento.

Por otra parte las desventajas son:

- Exposición del cable a vibraciones por tráfico denso.
- Uso de cables especiales o estudio del adecuado aislamiento para permitir una instalación correcta.
- Susceptible de ser dañado en tareas de mantenimiento de infraestructuras, ya que la instalación se realiza a poca profundidad.
- Ampliaciones de red requerirán una nueva instalación.

Las fases de instalación son las siguientes:

- Realización de la microzanja.
- Limpieza mediante aire comprimido o agua a presión.
- Colocación del cable.
- Colocación de rellenos de protección.
- Cerrado de la zanja mediante aplicación de material bituminoso especial.



Ilustración 24 - De izquierda a derecha: esquema de instalación de cable en microzanjas, realización de una microzanja y aspecto final tras proceso de rellenado

Los cables utilizados para esta aplicación deben tener las siguientes características:

- Diámetro reducido.
- Alta resistencia a aplastamiento y vibración.
- Resistencia a altas temperaturas, el material de sellado puede sufrir temperaturas entre 100º y 170º C.

La recomendación para este tipo de cables es que la instalación se realice en zonas residenciales ya que su resistencia no es muy elevada y puede causar problemas en zonas muy transitadas.

Capítulo 4: Identificación del mercado potencial en el oeste africano

Aunque África es un continente en constante crecimiento, aún tiene muchas carencias que impiden al mundo de las telecomunicaciones avanzar con mayor velocidad de la que lo hace. Una de las principales carencias son los escasos recursos en infraestructuras creadas que posee, ya que debido a esto prácticamente queda descartada la posibilidad de usar la telefonía fija para el desarrollo de las zonas de telecomunicaciones del país, y sólo queda recurrir al empleo de la telefonía móvil. Otro de los retos que poseen este tipo de países es la gran diferencia entre las zonas ricas y pobres de las ciudades. [\[21\]](#) y [\[22\]](#).

En la zona del oeste africano hay varios países que están englobados dentro de los países económicamente emergentes, alguno de ellos son de los países más ricos del continente africano. A la gran mayoría de los países de esta zona llega la conexión del cable submarino, pero no en todos hay oportunidades de negocio debido a que no hay suficiente infraestructura habilitada o suficiente nivel adquisitivo en las zonas a las que el cable submarino llega. Una vez analizados todos los países de la zona, se ven posibilidades de negocio en Ghana, Nigeria y Costa de Marfil. Se han descartado países como Benín, Togo, Congo, Republica Democrática del Congo, Guinea Ecuatorial, entre otros.

- En Ghana hay una alta posibilidad de encontrar negocio ya que su capital, *Accra*, posee numerosas zonas que gozan de un importante confort respecto al resto del país, e incluso al resto del continente.
- En Nigeria la oportunidad de negocio está en su capital económica, *Lagos*, que posee un gran número de habitantes y varias zonas empresariales de negocio, así como residenciales de poder adquisitivo medio-alto.
- Costa de Marfil es otro de los países elegidos para realizar el estudio, con un caso similar al de Nigeria ya que la ciudad en la que se pueden encontrar oportunidades es su capital económica, *Abidjan*, y no su capital política. *Abidjan* cuenta con más de

4 millones de habitantes, y en concreto posee una zona que más adelante se tratara con todo lujo de detalles y es considerada una de las más caras del mundo, “Le plateau”.

A partir de todos los datos socio-económicos, nivel adquisitivo de los habitantes de una ciudad, zona determinada o barrio, se realizará un estudio de mercado de la viabilidad, la rentabilidad y las mejores soluciones en fibra óptica. Esto supondrá un gran avance tanto para el país beneficiado como para sus habitantes. Atraerá también a más habitantes a las zonas dotadas con la fibra óptica, incluso de países vecinos, con lo que los intereses pueden abarcar múltiples direcciones. [\[23\]](#).

Se han producido grandes avances en las redes de fibra óptica, pero aún existen factores que dificultan la inversión necesaria. Algunos de esos factores son, el alto coste para construir infraestructura, problemas al conseguir licencias, conflicto para excavar una misma zona por parte de los operadores o que los proveedores no suelen compartir su infraestructura de fibra.

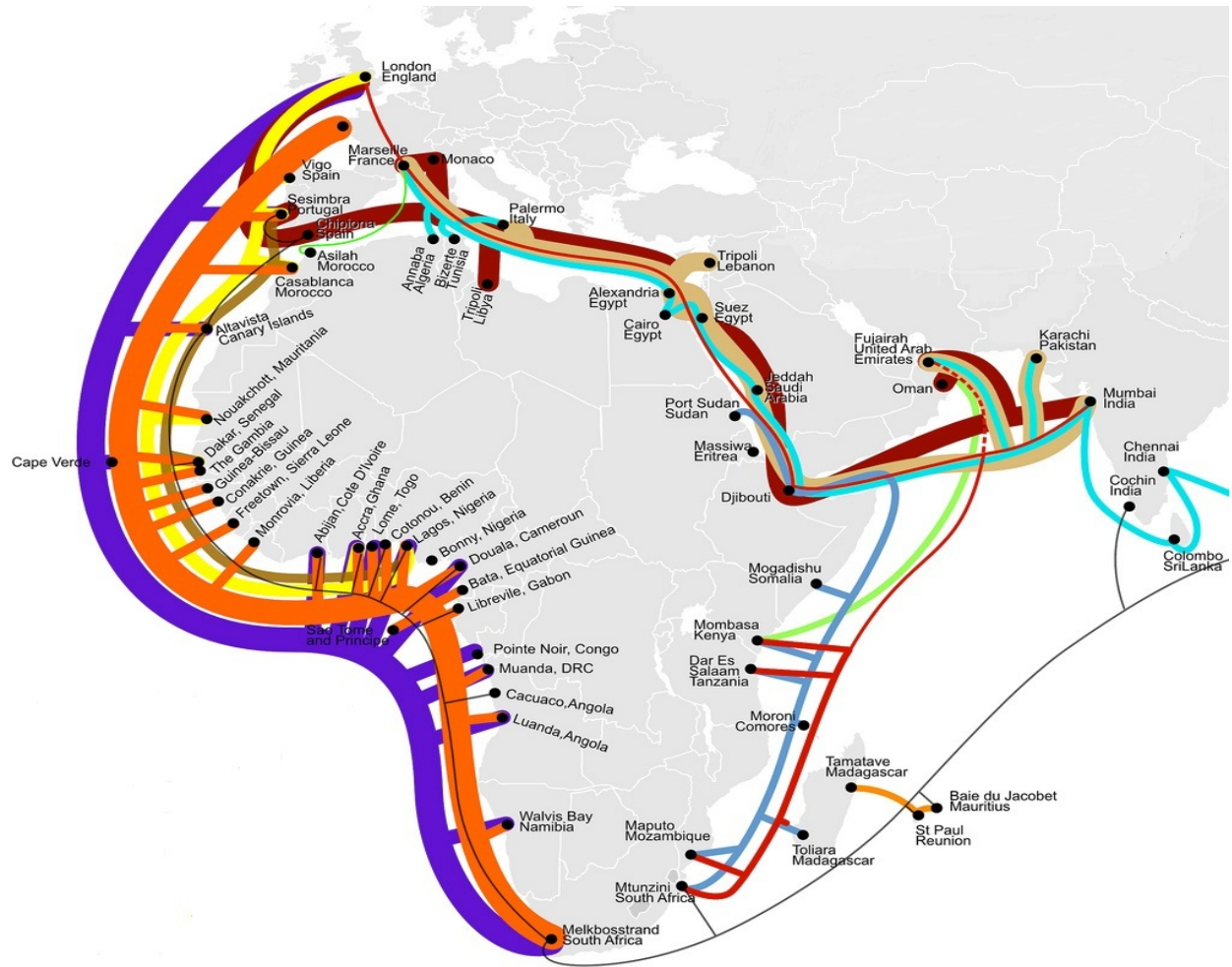


Ilustración 25 - Mapa de conexiones cables submarinos de fibra óptica

Hay varios ejemplos de construcciones de fibra óptica submarina a través de varias empresas, entre las que destacan:

- Alcatel-Lucent, que construye un cable submarino que une Sudáfrica con Londres, WACS (West Africa Cable System). El cable está compuesto de 4 pares de fibra y tiene una longitud de 14.530 km. El cable pasa, entre otras ciudades africanas y europeas, por:

- Sangano (Luanda, Angola)
 - Lekki (Lagos, Nigeria)
 - Abidjan (Costa de Marfil)
 - Nungua (Accra, Ghana)
-
- Angola cables, que construye el cable submarino que une el oeste africano con Latinoamérica (Brasil), SACS (South Atlantic Cable System). La misión de Angola cables es apoyar el desarrollo del sector de las telecomunicaciones en Angola y África.

Capítulo 5: Premisas para el estudio de mercado en África

Para llevar a cabo el estudio de mercado se tienen en cuenta una serie de especificaciones previas, debido a que las zonas que se van a estudiar tienen numerosos factores que pueden hacer variar el resultado. Para el estudio se van a considerar varias zonas claramente diferenciadas, zona de negocios y *Gated Community*. En todos los casos se hará un estudio de mercado a 10 años. En el caso de Nigeria se compara el estudio a 10 años con y sin infraestructura existente. Y por último en el caso de Costa de Marfil se estudian dos zonas diferenciadas, una de negocios y otra, *Gated Community*.

A continuación se analizan los apartados de inversión, gastos e ingresos, que van a influir directamente en el desarrollo del proyecto en cada una de las zonas elegidas para el despliegue.

5.1 Inversión

Para determinar la cantidad de la inversión a realizar, previamente hay que realizar un estudio del alcance del proyecto, relacionando la inversión con los servicios que se quieren proporcionar y el número de clientes a los se quieren conectar.

En todos los casos en los que se va analizar el estudio del despliegue de fibra se considera como elemento de red OLT un modelo que puede llegar a dar soporte a 256 interfaces PON, siendo esta cifra bastante optimista. Para el estudio se ha considerado que cada uno de esos PON puede llegar a 64 usuarios (en condiciones ideales se podría llegar a 128). A partir de estas estimaciones y en función de las zonas en las que se va a realizar el estudio, obtenemos una cifra aproximada de unos 16.384 clientes por cada OLT.

También hay que añadir repartidores ópticos (ODF) como punto intermedio para las conexiones de fibra entre los puertos de las tarjetas GPON y la salida de la central principal.

Para determinar una zona con grandes expectativas de negocio hay que encontrar al menos un espacio, con una dimensión máxima de 5 km y con un número de posibles clientes que tiene que rebasar los 10.000. Estos datos son aproximados y similares a proyectos con

similares características, y en este caso concreto se van a considerar las cifras mencionadas.

Hay que fijarse en la infraestructura existente, ya que la obra civil supone una inversión importante. En la mayoría de los países hay que realizar la obra civil, pero existe algún caso como el de Nigeria que no es necesario porque están más avanzados que el resto de países en este aspecto. Anteriormente se han analizado las opciones que hay en cuanto a la realización de la obra civil. Una de las opciones es el aprovechamiento del alcantarillado, que se descarta debido a que hay ciudades en las que aún no está completamente terminada la infraestructura de alcantarillado o es inexistente.

La opción de obra civil por medio de zanjas es la opción más típica, pero también es la que requiere mayor inversión. Si ya existiera la infraestructura, lo único que habría que considerar sería los últimos metros de fibra o tirada final para dar el servicio a los clientes, con la finalización FTTX que se requiera por cada uno. Por último, hay que considerar también los costes de arquetas, los del primer nivel de splitting de la red y los de la longitud del cable de fibra que se va tener que emplear.

En el coste de la tirada final se incluye la ONT, los últimos metros de fibra necesarios para llevar a cabo la conexión del cliente, y el segundo nivel de splitting.

A continuación se muestra un esquema con el precario-tipo de los distintos elementos que se precisan en el proyecto, obtenido a partir de precios medios utilizados en el mercado y otros proyectos de características similares a las adoptadas en las zonas que se van a estudiar. (HP: Hogar Pasado, HC: Hogar Conectado).

Red externa	Precio (€)
OLT	128.000 €/OLT
ODF	7 €/HP
Fibra óptica (€/km)	1.300 €/km
Infraestructura (zanjas)	90.000 €/km
Arquetas & cajas & fusión de fibras	55.000 €/km
Cajas y splitters	16 €/HP
Red interna	Precio (€)
ONT	150 €
Cajas y splitters	16 €/HC
Fibra óptica (€/km)	1.300 €/km
Tirada fachada/interior	160-500 €/HC

Tabla 1 - Desglose factores de inversión para el despliegue de fibra óptica en África

5.2 Ingresos

Los servicios que se van a ofrecer son similares en cada una de las zonas a estudiar. Existirá la posibilidad de combinar varios servicios a la vez, con la diferencia de precio por cliente. En la siguiente tabla se ven los precios que llevan asociados cada servicio, en media, y además la estimación de contratación por parte de los clientes. Los ingresos vendrán ligados al número de HC que se conecten en cada periodo anual.

Fibra óptica <10Mb	Fibra óptica >30 Mb	Fibra óptica + TV
35 €	50€	75 €
10%	55%	35%

Tabla 2 - Desglose del precio medio por servicio en África

Los precios en media desglosados en la “Tabla 2” vienen de las siguientes consideraciones:

- La instalación de estos servicios lleva un coste asociado variable de 10-20€ en función del servicio que se requiera.
- El precio del servicio de fibra 10 Mb tiene un coste de 25€ y el de 30 Mb de 38€

- El servicio de video lleva un coste asociado de 60€
- Además se aplicara una tarifa para contenidos extras, como jornadas puntuales deportivas, cine de estreno, o similares, de 10€ por sesión/acontecimiento.

5.3 Gastos

Para evaluar los gastos que se producirán en cada periodo de cada proyecto, hay que considerar varios factores, como son:

Mano de obra

- Instalación de red: 20% de la inversión de los equipos y elementos de la red. Este 20% se ha considerado después de analizar distintos proyectos de características similares. La diferencia principal en el coste se debe fundamentalmente a las facilidades o dificultades que ofrece el terreno, así como a la distinta longitud de tramo de alimentación o distribución. Para el cálculo del mismo, se aplica el coste por km tendido de fibra óptica y canalización, además del tiempo empleado para ello. A partir de estos datos se obtiene un coste de instalación por km de fibra de 3.500€. Además hay que añadir un coste de instalación para las ONT, OLT, splitters, que es de 120€/hora (se estima una duración media de 1,5 horas). Si se combinan ambos costes el resultado alcanza el mencionado 20% de la inversión de equipos y elementos de red.
- Mantenimiento de la red: 20% de la inversión realizada en ella. Este 20% se obtiene a partir de la tasa de fallos de la red y los equipos. Se estima que se producen en torno a un 18% de fallos anuales en una red de estas características, ya sea debido a fallos en los equipos de la red o en la propia red de fibra. El coste por hora de mantenimiento de red es de 120€/hora, con una duración media de la incidencia de 6 horas. En este tipo de proyectos es muy frecuente que la red sufra alteraciones, tanto por la meteorología como por las dificultades del terreno donde se implantan.

- Mantenimiento de cliente: se estima, con relación a otros proyectos similares, que un 30% de los clientes van a necesitar algún tipo de mantenimiento cada año. Este mantenimiento se puede dividir en varias incidencias:
 - Sin requerir desplazamiento, se pueden resolver desde un centro de control. (35% de las incidencias).
 - Con desplazamiento sin intercambio de software (configuraciones de red).(40% de las incidencias).
 - Con desplazamiento y con intercambio de software (ONT, router, etc). (25% de las incidencias).

El coste medio de este mantenimiento se divide en 38 €/hora para la mano de obra del operario por desplazamiento, con una duración media de 3 horas por avería. Para el cambio o reparación del aparato roto o defectuoso si se da este caso, 45 €, y 20 €, para la intervención del centro de control para la supervisión y diagnosis y en las averías que es suficiente su actuación para resolver la incidencia. Esto hace un total de 105.35 € de media para el 30% de HC que se conectan al año:

$$((20)*0.35 + (20+38*3)*0.4 + (20+38*3+45)*0.25)= 105.35€$$

Materiales

- Los costes de los materiales van incluidos en el conjunto de la inversión del proyecto.

Contenidos / servicios:

- En el caso de ofrecer video, servicios como TV de pago o similares, hay que pagar los contenidos facilitados, como por ejemplo las compañías cinematográficas o los derechos de retransmisión de eventos deportivos. En este caso se van a incluir unos gastos de 26,70 €/HC al mes por mantenimiento del equipo, atención comercial y pago de contenidos y un gasto de instalación de 90 €/HC. En este caso además hay que añadir un coste por el equipo de señal de TV de pago de 50€ por cliente.

- Para el servicio internet el gasto de instalación de servicios asciende a 80 €/HC y el de telefonía son 70 €/HC. Los gastos de mantenimiento en este caso son de 6 €/HC al mes para el servicio de telefonía + internet y de 5 €/HC al mes para telefonía únicamente.

OTROS

- Se va considerar un porcentaje adicional para gastos de licencias, permisos y otros gastos de gestión que oscilará entre el 15% y el 25%.
- Además el primer año se va considerar el 10% de la inversión para la gestión y el estudio de viabilidad del proyecto.

Estos costes y consideraciones se han estimado a partir de un modelo de similares características y de dimensionamiento, llevados a cabo por empresas referentes del sector como Telefónica [\[1\]](#), adaptados a las características específicas del operador de cada país, la dimensión de la red, y la zona en la que nos encontremos.

Capítulo 6: Estudio de mercado 1, Ghana



Ilustración 26 - Mapa de la situación de Ghana en el oeste africano

6.1 Datos de Ghana

Ghana es uno de los países que más está creciendo económicamente en el continente africano, el sector de las telecomunicaciones es uno de los sectores que más intervienen en ello, y como tal, se estudiará la posibilidad de negocio en torno al despliegue de fibra óptica en este país. En el norte los niveles de penetración de las telecomunicaciones son bajos, la mayoría de las oportunidades para fibra óptica se encuentran al sur del país, ya que en esa región se interconectan otras redes que dan acceso a las redes de Europa y Asia. En esta zona se encuentra su capital, *Accra*. La lengua de Ghana principalmente es el inglés. [24] [25].

Ghana está situada en la zona del oeste africano, entre tres zonas hidroclimáticas, por ello el país tiene cierta vulnerabilidad a cambios climáticos y posee una gran incertidumbre climática. Es uno de los países que más rápido está creciendo del continente africano en cuanto a la instalación de tecnologías de la información y la comunicación. Ghana fue de los primeros países en África que liberalizó el sector de las telecomunicaciones. Este sector está creciendo año a año gracias a las inversiones que los operadores presentes en el país están llevando a cabo. Alrededor del año 2008 el gobierno impulsó el desarrollo de una nueva infraestructura “backbone” incorporada a la red eléctrica y así se interconectaron las principales zonas del sur del país y se dotó al norte de servicios que aún no tenía.

Según la Unión Internacional de Telecomunicaciones, con datos contrastados de mediados de 2014, solamente el 18% de los habitantes de Ghana usan internet. Dentro de las barreras que impiden que esta situación mejore, existen varios factores a tener en cuenta, como son, la falta de infraestructura para llegar a lugares fuera del área más urbana o poblada del país, así como el alto coste para el usuario que supone contratar un servicio de internet o la escasa concienciación en la población de la utilidad que esto supondría para el desarrollo de sus vidas. Ghana fue de los primeros países africanos en liberalizar el sector de las telecomunicaciones, cuenta con varios operadores de línea fija y alrededor de 6 de líneas móviles, entre los que destaca Vodafone, Airtel, MTN Ghana o Globacom. Vodafone ha sido una de las compañías que más ha invertido en mejorar los servicios de red en este país. El gobierno ghanés además impulsó una serie de medidas para proporcionar el acceso universal de internet, telefonía y servicios multimedia. Aún no es algo que esté presente pero es una declaración de intenciones para que poco a poco se vayan cubriendo las necesidades de los habitantes de Ghana. Los cables submarinos instalados hasta ahora y desde mediados 2010 son fundamentales para la mejora de la red de banda ancha en Ghana. [\[26\]](#) [\[27\]](#).

Hay un número significativo ciudades importantes en el país, como pueden ser Kumasi con alrededor de 2 millones de habitantes o Tamale con unos 500.000 habitantes, pero se llega a la conclusión después de estudiar al detalle cada una de ellas (en función de su nivel adquisitivo de la población, renta per cápita, etc.), que la zona donde más oportunidades

puede haber para la inversión en fibra óptica es su capital, *Accra*, que posee en torno 2,5 millones de habitantes y una densidad de población alrededor de 10.000 personas por kilómetro cuadrado. En *Accra* la renta per cápita es de 1.689 dólares.

Accra es una ciudad en constante crecimiento, posee la “City of Hope”, el centro de las tecnologías de la información que fue avalado por el gobierno, tiene una tasa muy elevada de penetración de telefonía móvil. Esto contribuye a que Ghana sea el país líder en África en el uso de internet en Smartphone. En Ghana hay tres millones y medio de usuarios de estos servicios. Datos de la UIT avalan que la penetración móvil alcanzo cerca del 85% en 2011.

En *Accra*, como en otras muchas ciudades africanas y en otras partes del mundo, existen las denominadas “*Gated Communities*” o “condominios”, zonas residenciales protegidas en las que suele vivir la clase media y alta del país. En estos lugares es donde se puede encontrar la mayor fuente de ingresos y la mayor oportunidad de despliegue, junto con las zonas de negocios y grandes ciudades financieras. En *Accra* hay numerosas zonas de este tipo, siendo unas más importantes que otras en cuanto a número de habitantes, o valor de las viviendas que hay en cada una de las zonas. En la imagen siguiente se puede ver que la población que reside en ellas tiene un buen nivel de vida. [28]. Es una imagen de la *Gated Community* llamada *Trasacco Valley*.



Ilustración 27 - Imagen de una de las más importantes *Gated Communities* en *Accra*, Ghana, *Trasacco Valley*

De las “*Gated Communities*” de Accra, destacan algunas por su alto coste y tamaño, “Trassaco Valley”, “East Airport”, “ACP States” o “Kwabenya”. En “Trasacco Valley” hay alrededor de 220.000 habitantes con nivel adquisitivo, lo que equivale a una cifra aproximada de unas 60.000 viviendas, en las cuales el despliegue de fibra óptica podría suponer un gran atractivo para la empresa.

En la siguiente imagen se pueden apreciar las “*Gated Communities*” que existen en Accra marcando el territorio donde se encuentran. Sin duda la más prestigiosa y a la vez más cara es Trasacco Valley. Las viviendas están pensadas para una familia entera, son casas lujosas y con gran espacio. [29].

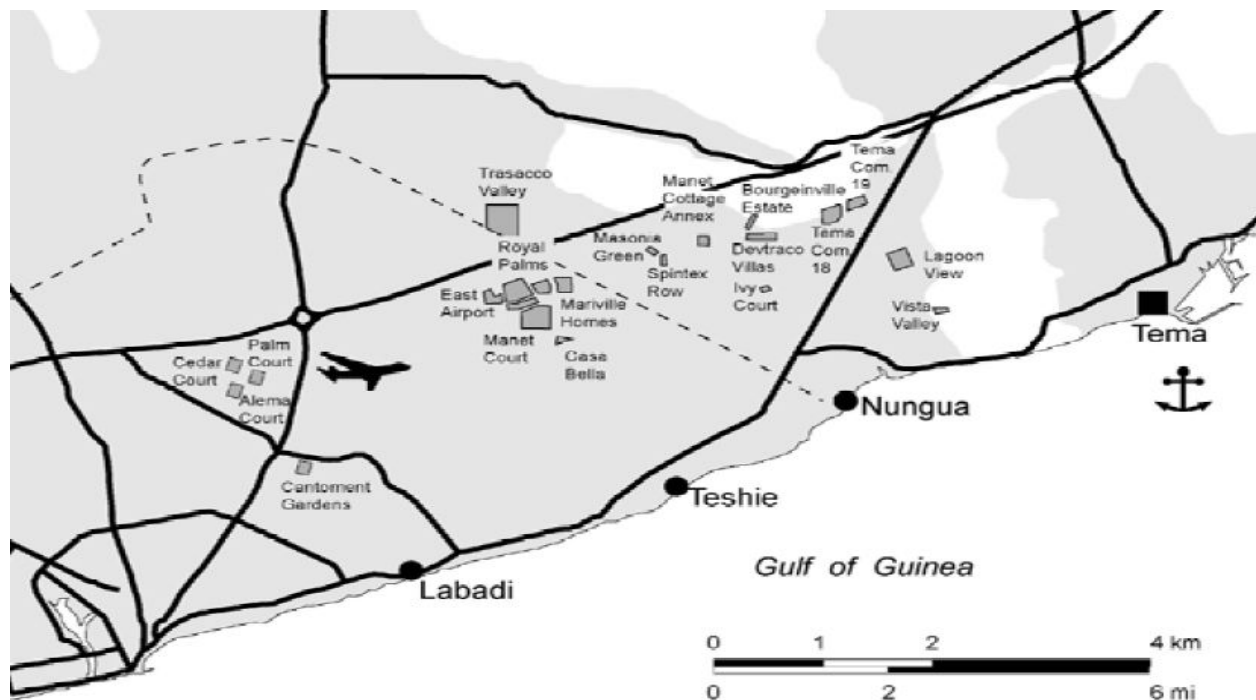


Ilustración 28 - Mapa que sitúa las diferentes “*Gated Communities*” en Accra, Ghana

Como referencia de otras “*Gated Communities*”, Trasacco Valley sirve para entender cómo puede haber zonas en países menos desarrollados que hagan que los habitantes más

acomodados puedan disfrutar de grandes lujos sin salir de su país o ciudad. Trasacco Valley es sin duda un ejemplo y un espejo en el que mirarse para las demás *Gated Communities* que quieran crecer o mejorar sus servicios [30]. Posee un sitio web en internet [31], en el que se pueden encontrar todas las variedades de viviendas que se ofrecen, en función de las dimensiones, o lujos que se quieran incorporar al día a día, así como los planos de cada uno de los tipos de viviendas de las que disponen. También comparten sus planes de expansión detallando el crecimiento de la zona en los próximos años, lo que es sin duda un atractivo para las clases más adineradas de Ghana, o incluso para habitantes de otros países de África. [32].

En Ghana el operador Globacom posee servicios de fibra óptica, Alcatel-Lucent ya ha realizado contratos con este operador en años anteriores en relación a operaciones y mantenimiento con el cable de fibra óptica submarino que llegó a la costa de Ghana. La instalación del cable submarino en esta zona traerá una serie de facilidades para el resto de empresas del sector, y además contribuirá en el avance de la economía y nuevas formas de comunicación tanto nacionales como internacionales. Esto también contribuirá a la expansión de las empresas de Ghana a otras partes del mundo y aumentar su competitividad.

6.2 Operadores en Ghana de fibra óptica

[33] [34]. Existen varios operadores en Ghana para ofrecer fibra óptica:

- National Communications Backbone Company (NCBC), que es una filial de Vodafone Ghana.
- MTN Ghana, que ha desplegado ya 4.000 km de fibra óptica en el país. [35]. En 2014, MTN ha seguido con el plan de expandir las telecomunicaciones para dar servicio a todos sus clientes y que así puedan acceder de una forma más rápida a sus dispositivos y tener una mayor velocidad de conexión. [36].

MTN Ghana muestra con el siguiente mapa la red de alimentación de fibra en Ghana.

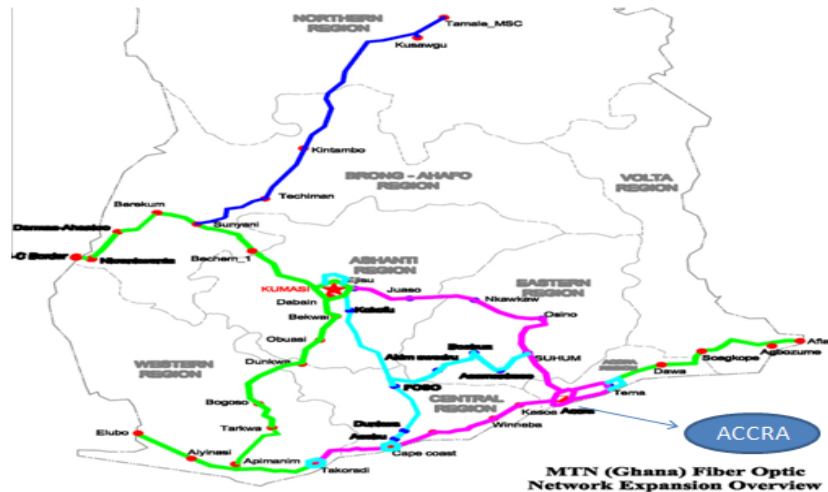


Ilustración 29 - Mapa que muestra la red de fibra existente en Ghana

- Tigo
- Expresso Telecom Ghana

Se comienza el estudio por la parte sur de la ciudad, para dar cobertura a las “*Gated Communities*” de esa zona, además es una zona donde los centros de negocios se encuentran cercanos, así como el aeropuerto, la universidad, y otros edificios que contribuyen al desarrollo del país. En el mapa de despliegue de fibra óptica del operador MTN Ghana, se ve que la zona en la que queremos realizar el estudio tenemos fibra óptica desplegada para transporte. Las zonas en las que vamos a realizar el estudio son las marcadas con círculo rojo en la siguiente imagen.

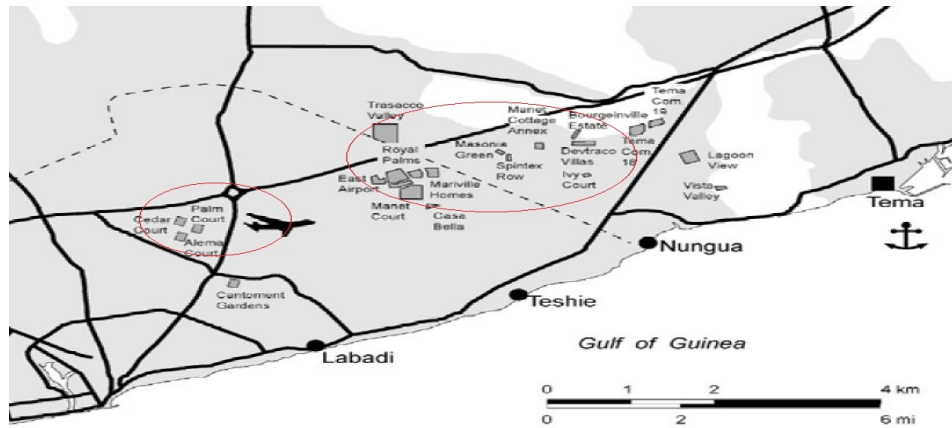


Ilustración 30 - Mapa que identifica las zonas de Accra atractivas para el despliegue



Ilustración 31 - Vista aerea de una Gated Community en Ghana

Distribución de la red para las “Gated Communities”.

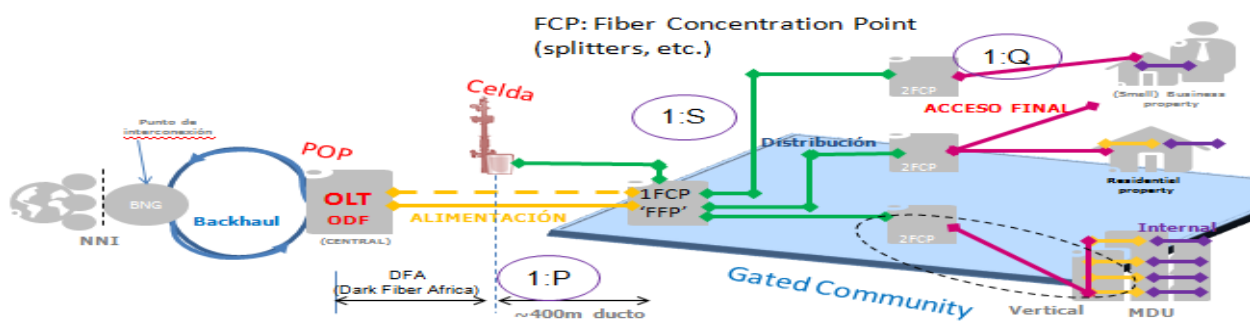


Ilustración 32 - Esquema de despliegue de fibra para una Gated Community

Principalmente se buscan escenarios en los que la red de alimentación (zona amarilla en la imagen anterior) sea lo más corta posible, ya que es el mayor coste en este tipo de despliegues.

Para la estructura de la red de una *Gated Community* hay múltiples opciones:

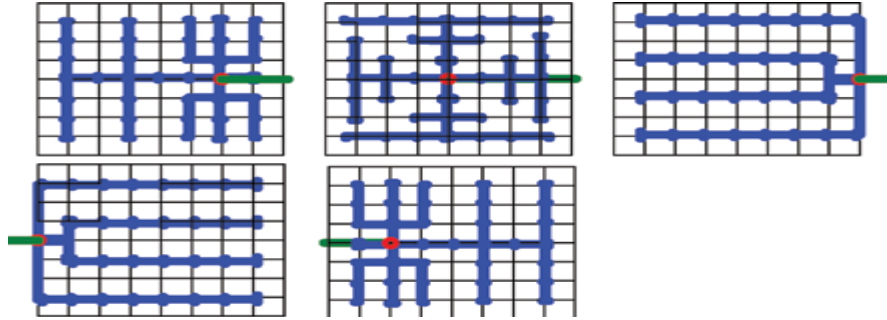


Ilustración 33 - Posibilidades de esquema de red a utilizar en Gated Community

El esquema elegido en las Gated Communities de Accra es el siguiente:

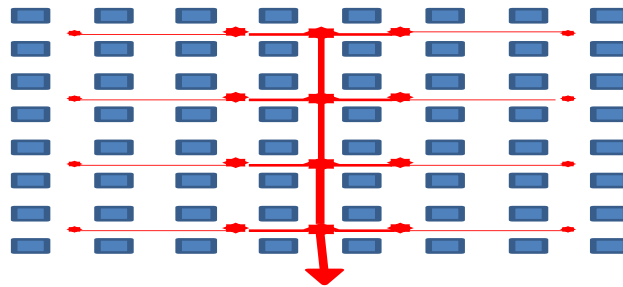


Ilustración 34 - Esquema de red a utilizar en Accra

6.3 Tipos de escenarios para el despliegue

A continuación se van a plantear una serie de escenarios en los que se puede apreciar las distintas variables de este tipo de despliegues.

● **ESCENARIO 1**

CARACTERISTICAS	TIPO 1
Nº de hogares / empresas conectables objetivo	60.000
Densidad de hogares por edificio	20
Uso de infraestructura existente	100%
Vertical interior / exterior	95% interior , 5% exterior
% penetración de clientes	50%

Tabla 3 - Tipo de escenario de despliegue en Accra, Ghana

● **ESCENARIO 2**

CARACTERISTICAS	TIPO 2
Nº de hogares / empresas conectables objetivo	60.000
Densidad de hogares por edificio	12
Uso de infraestructura existente	70%
Vertical interior / exterior	95% interior , 5% exterior
% penetración de clientes	55%

Tabla 4 - Tipo de escenario de despliegue en Accra, Ghana

● **ESCENARIO 3**

CARACTERISTICAS	TIPO 3
Nº de hogares / empresas conectables objetivo	60.000
Densidad de hogares por edificio	2
Uso de infraestructura existente	10%
Vertical interior / exterior	95% interior , 5% exterior
% penetración de clientes	65%

Tabla 5 - Tipo de escenario de despliegue en Accra, Ghana

• **ESCENARIO 4**

CARACTERISTICAS	TIPO 4
Nº de hogares / empresas conectables objetivo	60.000
Densidad de hogares por edificio	1
Uso de infraestructura existente	0%
Vertical interior / exterior	95% interior , 5% exterior
% penetración de clientes	65%

Tabla 6 - Tipo de escenario de despliegue en Accra, Ghana

• **ESCENARIO 5**

CARACTERISTICAS	TIPO 5
Nº de hogares / empresas conectables objetivo	60.000
Densidad de hogares por edificio	1
Uso de infraestructura existente	0%
Vertical interior / exterior	95% interior , 5% exterior
% penetración de clientes	75%

Tabla 7 - Tipo de escenario de despliegue en Accra, Ghana

Tipo 2 - Necesarios 1.000 metros de canalización
Tipo 3 - Necesarios 4.000 metros de canalización
Tipo 4 - Necesarios 9.000 metros de canalización
Tipo 5 - Necesarios 9.000 metros de canalización

(*)Tabla 8 - Tabla de metros de canalización por tipo estudiado en Accra, Ghana

NOTA: Para minimizar los costes, dentro de las *Gated Communities*, se va emplear una canalización por microzanjas, contenidas en el tramo de distribución(C). Para la red de alimentación (D), el tramo de zanjas que se realizará por el método tradicional.

DESGLOSE	Proyecto Tipo 1	Proyecto Tipo 2	Proyecto Tipo 3	Proyecto Tipo 4	Proyecto Tipo 5
Coste hogar conectable	329,35 €	330,93	269,94	278,21 €	248,86 €
Coste de tramo - Central (A)(*)	4,26 €	4,26 €	4,26 €	4,26 €	4,26 €
Coste de tramo -Alimentación(B)	23,02 €	24,60 €	29,62 €	37,89 €	37,89 €
Coste de tramo -Distribución(C)	302,07 €	302,07 €	236,06 €	236,06 €	206,71 €
Coste de tramo -Verticales(D)	Incluido en (C)	Incluido en (C)	Incluido en (C)	Incluido en (C)	Incluido en (C)

Tabla 9 - Costes por tipo de proyecto en Accra, Ghana

(*) OLT dimensionada para 256 puertos GPON para todos los escenarios.

➤ Todos los valores se han calculado acordes a la *Tabla 1* del capítulo 5.1.

En media, el coste por HC es de 291,45 €. Del mismo modo se puede deducir que el coste por HP es de 134,86 €.

A continuación se va analizar el despliegue con todo detalle a partir de la inversión, los gastos, y los ingresos que forman parte del proyecto de despliegue de fibra óptica en Ghana.

Se tienen en cuenta todos los elementos que van a contribuir en la inversión a realizar, en función de los costes referenciados en el apartado de inversión de las premisas del despliegue de fibra óptica. La zona marcada en amarillo refleja el CAPEX por inversión de la red de alimentación y el color verde refleja el CAPEX por inversión de la red de distribución y tirada final.

6.4 Estudio de mercado Ghana a 10 años

- Inversión:

Inversión en	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
OLT	256.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ODF	420.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fibra óptica	39.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zanja	2.700.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Arquetas & fusión de fibras	1.650.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cajas/splitters	960.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ONT	600.000	1.500.000	1.200.000	750.000	225.000	37.500	37.500	37.500	37.500	37.500	37.500
Fibra óptica	10.400	26.000	20.800	13.000	3.900	1.300	1.300	650	650	650	650
Cajas/splitters	64.000	160.000	128.000	80.000	24.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000
Tirada final	800.000	2.000.000	1.600.000	1.000.000	300.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000
INVERSIÓN (€)	7.499.400	3.686.000	2.948.800	1.843.000	552.900	92.800	92.800	92.150	92.150	92.150	92.150
<i>Inflación 2% (€)</i>	<i>7.499.400</i>	<i>3.759.720</i>	<i>3.066.752</i>	<i>1.953.580</i>	<i>597.132</i>	<i>102.080</i>	<i>103.936</i>	<i>105.051</i>	<i>106.894</i>	<i>108.737</i>	<i>110.580</i>

Tabla 10 - Desglose de la inversión a 10 años, Accra

Para entender esta tabla es preciso realizar una serie de aclaraciones:

- Se ha considerado que la red de alimentación tiene una dimensión de 30 km.
- Por cada 1000 HC hay que desplegar una red de 2 km.
- Se emplean 2 OLT para dar servicio a todos los HP.
- Todos los valores de la tabla anterior y siguientes se han calculado acordes a la *Tabla 1* del capítulo 5.1.
- La tirada final en Ghana, al ser *Gated Communities*, y en su mayoría viviendas unifamiliares, es más barata que en zonas de edificios más poblados. El tramo es más corto, con menos dificultad, y por tanto se estima, según datos económicos en proyectos similares, que la tirada final en Ghana tendrá una media de 200€.

En la siguiente tabla se detalla la estimación que se ha realizado para el número de clientes que se conectarán por año. En la segunda fila los HC que se producen cada año, y en la tercera los HC acumulados cada año. Esta estimación está sujeta a posibles variaciones que puedan producirse a lo largo del proyecto.

2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
8.000HC	15.000HC	15.000HC	5.000HC	1.500HC	250HC	250HC	250HC	250HC	250HC	250HC
4.000HC	14.000HC	22.000HC	27.000HC	28.500HC	28.750HC	29.000HC	29.250HC	29.500HC	29.750HC	30.000HC

Tabla 11 - Desglose de HC por año, Accra

- Para el apartado de gastos:

Gastos de	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
MANO DE OBRA											
Instalación	1.499.880	737.200	589.760	368.600	110.580	18.560	18.560	18.430	18.430	18.300	18.300
Mantenimiento de red	1.499.880	2.237.080	2.826.840	3.195.440	3.306.020	3.324.580	3.343.140	3.361.570	3.380.000	3.398.300	3.416.600
Mantenimiento de abonado	126.000	441.000	693.000	882.000	897.750	905.625	913.500	921.375	929.250	937.125	945.000
Servicios/Contenidos	772.980	2.011.430	1.822.390	1.400.615	792.183	562.644	556.580	558.216	562.603	566.989	571.375
Otros	25%	15%	15%	15%	15%	20%	20%	20%	20%	20%	20%
GASTOS (€)	5.623.365	6.240.717	6.821.789	6.723.653	5.872.512	5.773.691	5.798.136	5.831.510	5.868.339	5.904.857	5.941.530
<i>Inflación 2% (€)</i>	<i>5.623.365</i>	<i>6.365.531</i>	<i>7.094.660</i>	<i>7.127.072</i>	<i>6.342.313</i>	<i>6.351.060</i>	<i>6.493.912</i>	<i>6.647.921</i>	<i>6.807.273</i>	<i>6.967.731</i>	<i>7.129.836</i>

Tabla 12 - Desglose de los gastos a 10 años, Accra

- Los ingresos por año son:

INGRESOS	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
INGRESOS (€)	0	6.156.000	12.312.000	16.758.000	19.665.000	19.579.500	19.750.500	19.921.500	20.092.500	20.263.500	20.434.500
HC	4.000	14.000	22.000	28.000	28.500	28.750	29.000	29.250	29.500	29.750	30.000
<i>Inflación 2% (€)</i>	<i>0</i>	<i>6.279.120</i>	<i>12.804.480</i>	<i>17.763.480</i>	<i>21.238.200</i>	<i>21.537.450</i>	<i>22.120.560</i>	<i>22.710.510</i>	<i>23.307.300</i>	<i>23.910.930</i>	<i>24.521.400</i>

Tabla 13 - Desglose de los ingresos a 10 años, Accra

Se compara la inversión, los gastos y los ingresos para ver la evolución del proyecto a lo largo de los años:

BALANCE	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
INGRESOS (€)	0	6.279.120	12.804.480	17.763.480	21.238.200	21.537.450	22.120.560	22.710.510	23.307.300	23.910.930	24.521.400
GASTOS (€)	5.623.365	6.365.531	7.094.660	7.127.072	6.342.313	6.351.060	6.493.912	6.647.921	6.807.273	6.967.731	7.129.836
INVERSIÓN (€)	7.499.400	3.759.720	3.066.752	1.953.580	597.132	102.080	103.936	105.051	106.894	108.737	110.580
HC	4.000	14.000	22.000	28.000	28.500	28.750	29.000	29.250	29.500	29.750	30.000
Flujo de caja (€)	-13.122.765	-3.846.131	2.643.068	8.682.828	14.298.755	15.084.310	15.522.712	15.957.538	16.393.133	16.834.462	17.280.984

Tabla 14 - Desglose del balance a 10 años, Accra

- Todos los valores se han calculado acordes a la *Tabla 1* del capítulo 5.1.

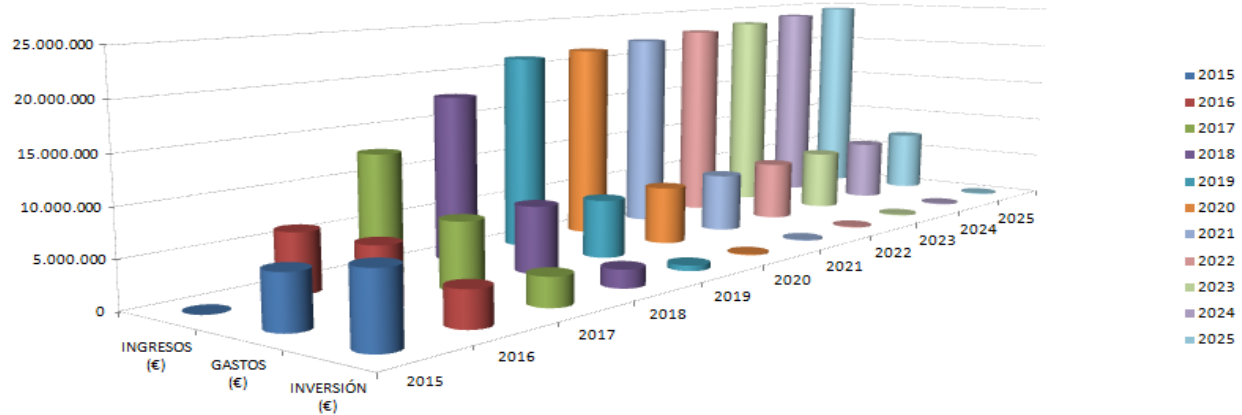


Gráfico 1 - Comparativa a 10 años de ingresos, gastos e inversión en Accra, Ghana

Con todos los datos anteriores se obtiene un VAN de 45.110.456 y TIR de 21%, lo que nos lleva a la conclusión de que el proyecto es muy atractivo para llevar a cabo. El payback es de 4,35 años. La Tasa de Descuento aplicada para el calculo del VAN es del 10%, donde se incluye el coste del dinero y la primera de riesgo que aplican los inversores.

Capítulo 7: Estudio de mercado 2, Nigeria



Ilustración 35 - Mapa de la situación de Nigeria en el oeste africano

7.1 Datos de Nigeria

Nigeria es un país del oeste africano, con alrededor de 175 millones de habitantes, y 49 millones de usuarios de internet. Posee varias ciudades importantes, su capital es Abuja, con más de medio millón de habitantes, pero la ciudad nigeriana más importante es *Lagos*, con más de 9 millones de habitantes. Otras ciudades como Ibadán o Kano, tienen casi 4 millones de habitantes.

Lagos es la ciudad en la que nos vamos a centrar, es una ciudad costera al sur de Nigeria, es la ciudad más poblada de Nigeria y además es la segunda en África en este aspecto. Económicamente es la que mayor actividad registra del país. En *Lagos* la renta per cápita es de 1.657 dólares. Posee una sucesión de islas que es donde aparece la mayor oportunidad

para los intereses de desplegar la fibra óptica. El distrito más adinerado de la ciudad de *Lagos* es Victoria Island, más concretamente la península de Lekki, cercano a él se encuentra Lagos island, e Ikoyi, que es un centro de negocios de la ciudad. En Ikoyi se encuentra uno de los campos de golf más grandes de África.

Lagos island es el área administrativa de la ciudad, numerosas entidades bancarias están localizadas aquí, así como edificios gubernamentales y tiene las zonas comerciales más importantes de la ciudad. En Lekki se encuentra la población con mayor poder adquisitivo de Lagos, y tiene dos fases, I y II, las casas en Lekki phase I son muy grandes. El auge de esa zona ha producido la ampliación y construcción de Lekki phase II.

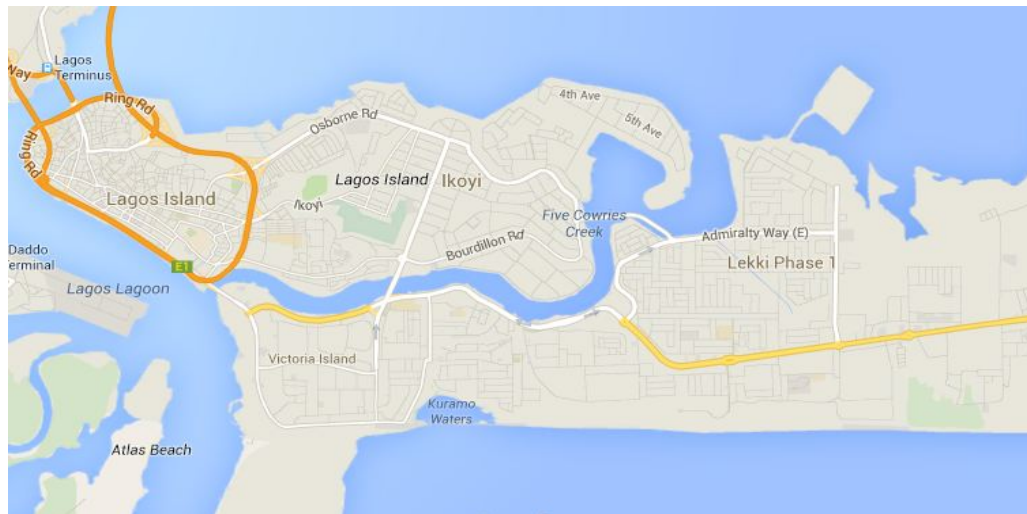


Ilustración 36 - Mapa de la situación de Lagos con las zonas mencionadas

Lagos island es la principal isla de *Lagos* y está conectada por tres puentes. Tiene a la isla de Ikoyi al este y a Victoria island al sur, esta isla tiene numerosa población y tráfico. Los principales edificios gubernamentales están aquí, además de gran cantidad de tiendas y oficinas.

Ikoyi es principalmente una isla residencial, está habitada por los expatriados y gobernantes militares nigerianos. Los servicios de primer nivel están garantizados, y cuenta con grandes medidas de seguridad. Las viviendas en esta zona no son accesibles

para la población con poco nivel adquisitivo, requieren una exigencia económicamente alta. [37].

Nigeria tiene el propósito de convertirse en una de las 20 mayores economías del mundo, y para ello tiene que desarrollar los servicios de banda ancha. El paso principal para desarrollar esta cuestión es descartar las redes de cobre, ya que no son eficientes actualmente debido a su baja velocidad y escasa capacidad. En consecuencia empezar a desplegar las redes de fibra, supone también asegurar la comunicación de zonas rurales para que no queden fuera del acceso a estos servicios de los que si disponen los habitantes de las zonas urbanas. Tiene que aumentar la cobertura de banda ancha a esta parte de la población, además de suminístrales el acceso a las tecnologías de la información y comunicación (TIC).

En el año 2000 se liberalizo el sector de las telecomunicaciones, esto hizo que las condiciones de vida de los nigerianos mejoraran, así como la situación de las empresas dentro del país y su impacto en el mercado laboral con los consecuentes beneficios económicos. Aun así es complicado equiparar las facilidades en cuanto al acceso de las telecomunicaciones entre las zonas urbanas y rurales.

7.2 Implantación de redes de banda ancha de fibra óptica en Nigeria

El modelo de acceso abierto

La implantación de fibra óptica en Nigeria se ha visto afectada por la administración, que no actúa de una forma rápida y porque las zonas no están debidamente planificadas. En algunos casos, las carreteras e infraestructuras públicas han sufrido deterioros por este motivo. Debido a los problemas de los proveedores y operadores de compartir la infraestructura, la NCC (Comisión de comunicaciones de Nigeria) consideró adoptar un

modelo de acceso abierto para desplegar una red de fibra óptica y establecer un consenso entre las partes. Así se conseguía el acceso universal. [38] y [39].

Este modelo de acceso directo permite a los operadores de fibra óptica compartir la infraestructura usada en el despliegue de sus cables, se suministran servicios a distintos operadores y se hace de una forma equitativa, además de distinguir las funciones de servicios y redes de cada uno. Posteriormente los consumidores podrán obtener derechos sobre una línea o sobre una red entera, según sean sus intereses, privados, cotidianos o empresariales.

Dentro del plan de Nigeria para el acceso abierto, interviene un proveedor de infraestructura independiente que está autorizado por la NCC y lo que hace es proporcionar conductos además de fibra para las instalaciones de fibra existentes, así el reparto será neutral en todo el país. Este proveedor opera en la red y hace una labor de mantenimiento. También arrendará a los operadores y empresas o particulares que requieran la red de fibra.

En cuanto a los precios, tienen que resultar cómodos para los operadores y proveedores. Para llegar a ello se hará un pago centrado en los costos, es decir el operador que requiera el servicio pagará el costo por servicio y el costo por mantenimiento. Para la construcción de una red de banda ancha en el país el método de operación tendrá que comenzar realizándose determinadas consultas con las partes interesadas en la red y los proveedores, para elaborar el diseño y acordar las zonas en las que trabajar, que normalmente serán zonas empresariales, zonas urbanas con centros comerciales o con nivel adquisitivo y las zonas con instituciones públicas.

El método de actuación para llevar a cabo toda esta infraestructura comienza por que la NCC conceda la licencia al proveedor, y regule las tasas que se cobrarán al operador en cuestión por arrendar la infraestructura, además de controlar las tasas que el consumidor pagará por el acceso a la banda ancha. La NCC participará en acuerdos gubernamentales con el proveedor y otros acuerdos beneficiosos para Nigeria.

La NCC también ha creado los centros de comunicación comunitarios que han hecho que aumente la penetración en zonas rurales, la labor de estos centros es facilitar la llegada de voz e internet a estos lugares donde es más difícil llegar por estar alejados de los núcleos de población. Estos centros tienen conexión a internet y pueden dotar de internet inalámbrico en un radio de 5 a 15 kilómetros, lo cual puede aprovecharse para todo tipo de usuarios, ya sea particulares o empresas, incluso edificios gubernamentales o servicios de interés general como policía u hospitales. Esto contribuye a que la población rural se desarrolle, que cada nigeriano tenga la posibilidad de estar perfectamente comunicado, mejorar la calidad de vida de los habitantes del país y que la brecha de la diferencia con las zonas urbanas se reduzca.

La NCC tiene más programas para potenciar las TIC en Nigeria como son el Digital Appreciation Programme (DAP), que su objetivo es fomentar el uso de las TIC en los centros de enseñanza primaria, secundaria y superior. El Advanced Digital Appreciation Programme (ADAP), que tiene su destino en los profesores de enseñanza superior principalmente, los cuales tienen que tener la precisa formación informática para poder manejar bien las TIC y enseñar esos conocimientos a los alumnos. Esto se consigue gracias al Digital Bridge Institute (DBI), que fue creado para aumentar el personal cualificado necesario tras el estallido del sector de las telecomunicaciones. Está presente en Abuja, Lagos y Kano.

Estos programas también ayudan al avance de la inversión en tecnologías de la información del país, y es un ejemplo claro de que apostar por la inversión en banda ancha favorece los intereses del país y se pueden obtener numerosos beneficios tanto económicos como sociales.

Como objetivo de generalizar el acceso a internet, la NCC además de dotar de licencias a proveedores como se ha apuntado anteriormente (licencias en banda 2,3 GHz), insiste para que estos proveedores avancen en proyectos beneficiosos para el país. También promueve tanto instalación de banda ancha dentro del país como fuera de él y a un coste asequible. Uno de esos proyectos fuera del país se conoce como “fibra sin fronteras” y se dedica a la

instalación de fibra óptica transfronteriza en toda África. Con estos avances las llamadas que se realicen entre los países africanos no necesitaran ser encaminadas por Europa.

7.3 Operadores en Nigeria de fibra óptica

[36]. Globacom es la única compañía de Nigeria que ha realizado el despliegue de red en el país, tiene más de 10.000 kilómetros de red de infraestructura creada. Está presente en las ciudades más grandes de Nigeria como son *Lagos*, Ibadan, Benin, Warri, PortHarcourt, Abuja, Zaria, Kaduna, Kano, Abeokuta, entre otras. En la imagen siguiente se ve la red construida en todo el país. [40].

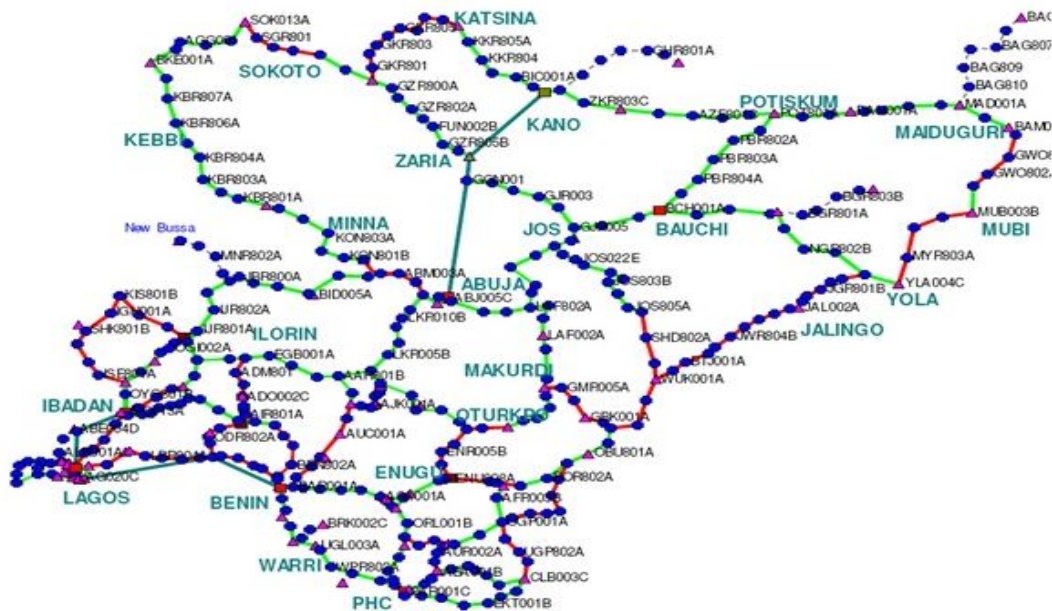


Ilustración 37 - Mapa de la red de fibra desplegada en Nigeria

Estos son los operadores que Nigeria tiene para fibra óptica:

- Globacom: tiene cerca de 5.000 kms de fibra óptica que cubren casi todo el país. [41].
- Nitel [42].
- Phase3 telecoms[43], tienen fibra, lo llaman fibra oscura y no necesitan mantenimiento, tienen FTTH.
- Suburban Telecoms [44], posee fibra en *Lagos* y Abuja.
- MTN Nigeria [45].
- Multi-Links [46].

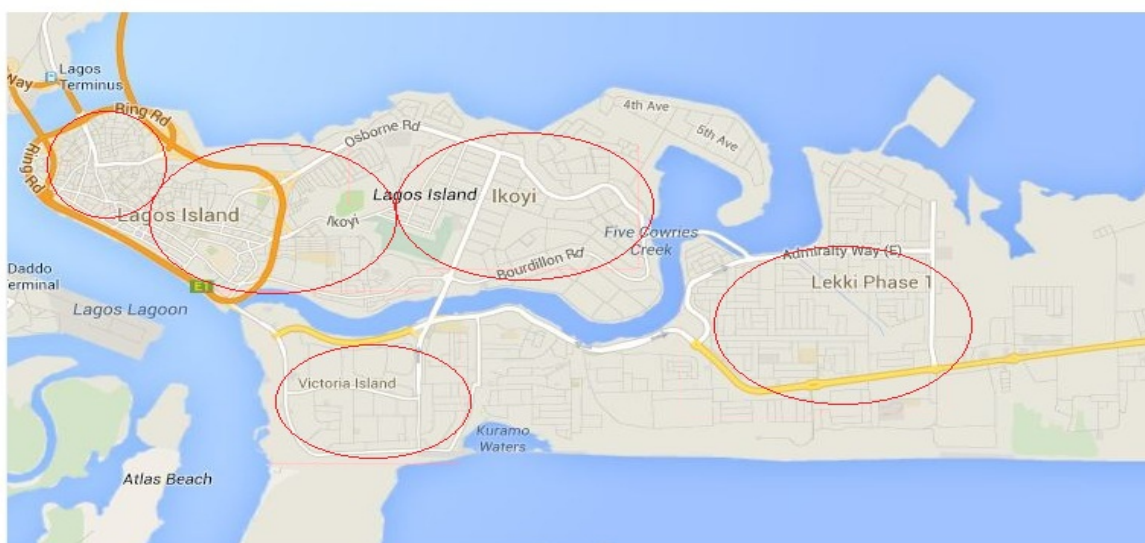


Ilustración 38 - Mapa de las zonas de Lagos a realizar el estudio

Hay que dar servicio tanto a áreas administrativas como residenciales. En Lagos island hay unos 900.00 habitantes, lo que suponen entre zonas residenciales y de negocios, unos 250.000 clientes. Lekki posee en torno a 200.000 habitantes, lo que hace que entre las áreas comerciales y residenciales, las cuales son de alto nivel adquisitivo, haya unos 63.000 clientes. Victoria island principalmente tiene un área de negocios, con edificios de todo tipo, algunos del gobierno. Se pueden encontrar unos 18.000 clientes para esta zona, lo que después de realizar una estimación de clientes se asuma un número aproximado de 7.000.



Ilustración 39 - Vista aerea de Lekki phase 1 en Lagos

7.4 Tipos de escenarios para el despliegue

A continuación se van a plantear una serie de escenarios en los que se puede apreciar las distintas variables de este tipo de despliegues.

● **ESCENARIO 1**

<i>CARACTERISTICAS</i>	<i>TIPO 1</i>
Nº de hogares / empresas conectables objetivo	320.000
Densidad de hogares por edificio	25
Uso de infraestructura existente	100%
Vertical interior / exterior	95% interior , 5% exterior
% penetración de clientes	35%

Tabla 15 - Tipo de escenario de despliegue en Lagos, Nigeria

● **ESCENARIO 2**

CARACTERISTICAS	TIPO 2
Nº de hogares / empresas conectables objetivo	320.000
Densidad de hogares por edificio	12
Uso de infraestructura existente	70%
Vertical interior / exterior	85% interior,15% exterior
% penetración de clientes	35%

Tabla 16 - Tipo de escenario de despliegue en Lagos, Nigeria

● **ESCENARIO 3**

CARACTERISTICAS	TIPO 3
Nº de hogares / empresas conectables objetivo	320.000
Densidad de hogares por edificio	2
Uso de infraestructura existente	10%
Vertical interior / exterior	85% interior,15% exterior
% penetración de clientes	35%

Tabla 17 - Tipo de escenario de despliegue en Lagos, Nigeria

● **ESCENARIO 4**

CARACTERISTICAS	TIPO 4
Nº de hogares / empresas conectables objetivo	320.000
Densidad de hogares por edificio	1
Uso de infraestructura existente	0%
Vertical interior / exterior	70% interior,30% exterior
% penetración de clientes	50%

Tabla 18 - Tipo de escenario de despliegue en Lagos, Nigeria

• **ESCENARIO 5**

CARACTERISTICAS	TIPO 5
Nº de hogares / empresas conectables objetivo	320.000
Densidad de hogares por edificio	1
Uso de infraestructura existente	0%
Vertical interior / exterior	50% interior, 50% exterior
% penetración de clientes	50%

Tabla 19 - Tipo de escenario de despliegue en Lagos, Nigeria

Tipo 2 - Necesarios 3.000 metros de canalización
Tipo 3 - Necesarios 4.000 metros de canalización
Tipo 4 - Necesarios 9.000 metros de canalización
Tipo 5 - Necesarios 9.000 metros de canalización

(*)Tabla 20 - Tabla de metros de canalización por tipo estudiado en Lagos, Nigeria

DESGLOSE	Proyecto Tipo 1	Proyecto Tipo 2	Proyecto Tipo 3	Proyecto Tipo 4	Proyecto Tipo 5
Coste hogar conectable	466,20 €	511,70 €	474,30 €	352,00 €	359,00 €
Coste de tramo - Central (A)(*)	4,40 €	4,40 €	4,40 €	4,40 €	4,40 €
Coste de tramo -Alimentación(B)	23,00 €	23,90 €	26,10 €	27,00 €	27,00 €
Coste de tramo -Distribución(C)	438,80 €	443,80 €	443,80 €	320,60 €	327,60 €
Coste de tramo -Verticales(D)	Incluido en (C)	Incluido en (C)	Incluido en (C)	Incluido en (C)	Incluido en (C)

Tabla 21 - Costes por tipo de proyecto en Lagos, Nigeria

(*) OLT dimensionada para 256 puertos GPON para todos los escenarios.

➤ Todos los valores se han calculado acordes a la *Tabla 1* del capítulo 5.1.

En media, el coste por HC es de 432,64 €. Del mismo modo se puede deducir que el coste por HP es de 179,78 €.

7.5 Estudio de mercado Nigeria con infraestructura

A continuación se va analizar el despliegue con todo detalle a partir de la inversión, los gastos, y los ingresos que forman parte del proyecto de despliegue de fibra óptica en Nigeria.

Se analizan todos los elementos que van a contribuir en la inversión a realizar, en función a los costes referenciados en el apartado de inversión de las características del despliegue de fibra óptica. La zona marcada en amarillo refleja el CAPEX por inversión de la red de alimentación y el color verde refleja el CAPEX por inversión de la red de distribución y tirada final.

- Inversión:

Inversión en	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
OLT	640.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ODF	1.400.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fibra óptica	117.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zanja	8.100.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Arquetas & fusión de fibras	4.950.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cajas/splitters	3.200.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ONT	1.200.000	2.250.000	2.250.000	1.500.000	1.500.000	1.200.000	1.200.000	300.000	300.000	300.000	0
Fibra óptica	20.800	39.000	39.000	26.000	26.000	20.800	20.800	5.200	5.200	5.200	0
Cajas/splitters	128.000	240.000	240.000	160.000	160.000	128.000	128.000	32.000	32.000	32.000	0
Tirada final	2.400.000	4.500.000	4.500.000	3.000.000	3.000.000	2.400.000	2.400.000	600.000	600.000	600.000	0
INVERSIÓN (€)	22.155.800	7.029.000	7.029.000	4.686.000	4.686.000	3.748.800	3.748.800	937.200	937.200	937.200	0
<i>Inflación 1% (€)</i>	<i>22.155.800</i>	<i>7.099.290</i>	<i>7.169.580</i>	<i>4.826.580</i>	<i>4.873.440</i>	<i>3.936.240</i>	<i>3.973.728</i>	<i>1.002.804</i>	<i>1.012.176</i>	<i>1.021.548</i>	<i>0</i>

Tabla 22 - Desglose de la inversión a 10 años, Lagos

Para entender esta tabla es preciso realizar una serie de aclaraciones:

- Se ha considerado que la red de alimentación tiene una dimensión de 90 km.
- Por cada 1000 HC hay que desplegar una red de 2 km.

- Se emplean 5 OLT para dar servicio a todos los HP.
- Todos los valores de la tabla anterior y siguientes se han calculado acordes a la *Tabla 1* del capítulo 5.1.
- En Nigeria hay una combinación entre *Gated Communities* y zonas de negocios, en las zonas de negocios la tirada final es más cara ya que tiene que llegar por ejemplo en un edificio grande a muchos más clientes que a una vivienda unifamiliar. Por tanto se estima, según datos económicos en proyectos similares, que la tirada final en Nigeria oscilara en una media de 300€.

En la siguiente tabla se detalla la estimación que se ha realizado para el número de clientes que se conectaran por año. En la segunda fila los HC que se producen cada año, y en la tercera los HC acumulados cada año. Esta estimación está sujeta a posibles variaciones que puedan producirse a lo largo del proyecto.

2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
8.000HC	15.000HC	15.000HC	10.000HC	10.000HC	8.000HC	8.000HC	2.000HC	2.000HC	2.000HC	0HC
8.000HC	23.000HC	38.000HC	48.000HC	58.000HC	66.000HC	74.000HC	76.000HC	78.000HC	80.000HC	80.000HC

Tabla 23 - Desglose de HC por año, Lagos

- Para el apartado de gastos:

Gastos de	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
MANO DE OBRA											
Instalación	4.431.160	1.405.800	1.405.800	937.200	937.200	749.760	749.760	187.440	187.440	187.440	0
Mantenimiento de red	4.431.160	5.836.960	7.242.760	8.179.960	9.117.160	9.866.920	10.616.680	10.804.120	10.991.560	11.179.000	11.179.000
Mantenimiento de abonado	252.000	724.500	1.197.000	1.512.000	1.827.000	2.079.000	2.331.000	2.394.000	2.457.000	2.520.000	2.520.000
Servicios/Contenidos	1.545.960	3.056.635	3.352.810	2.682.760	2.829.610	2.607.570	2.743.530	1.720.020	1.741.910	1.763.800	1.412.400
Otros	25%	15%	15%	15%	15%	20%	20%	20%	20%	20%	20%
GASTOS (€)	15.540.930	12.677.479	15.178.126	15.308.708	16.917.616	18.363.900	19.729.164	18.126.696	18.453.492	18.780.288	18.133.680
<i>Inflación 1% (€)</i>	15.540.930	12.804.254	15.481.688	15.767.969	17.594.320	19.282.095	20.912.914	19.395.565	19.929.771	20.470.514	19.947.048

Tabla 24 - Desglose de los gastos a 10 años, Lagos

- Los ingresos por año son:

INGRESOS	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
INGRESOS (€)	0	10.602.000	20.862.000	29.412.000	36.252.000	42.408.000	47.880.000	51.300.000	52.668.000	54.036.000	54.720.000
HC	8.000	23.000	38.000	48.000	58.000	66.000	74.000	76.000	78.000	80.000	80.000
Inflación 1% (€)	0	10.708.020	21.279.240	30.294.360	37.702.080	44.528.400	50.752.800	54.891.000	56.881.440	58.899.240	60.192.000

Tabla 25 - Desglose de los ingresos a 10 años, Lagos

Se compara la inversión, los gastos y los ingresos para ver la evolución del proyecto a lo largo de los años, quedaría de la siguiente forma:

BALANCE	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
INGRESOS(€)	0	10.708.020	21.279.240	30.294.360	37.702.080	44.528.400	50.752.800	54.891.000	56.881.440	58.899.240	60.192.000
GASTOS (€)	15.540.930	12.804.254	15.481.688	15.767.969	17.594.320	19.282.095	20.912.914	19.395.565	19.929.771	20.470.514	19.947.048
INVERSIÓN(€)	22.155.800	7.099.290	7.169.580	4.826.580	4.873.440	3.936.240	3.973.728	1.002.804	1.012.176	1.021.548	0
HC	4.000	14.000	22.000	27.000	28.500	29.000	29.500	29.750	30.000	30.000	30.000
Flujo de caja (€)	-37.696.730	-9.195.524	-1.372.028	9.699.811	15.234.320	21.310.065	25.866.158	34.492.631	35.939.493	37.407.178	40.244.952

Tabla 26 - Desglose del balance a 10 años, Lagos

- Todos los valores se han calculado acordes a la *Tabla 1* del capítulo 5.1.

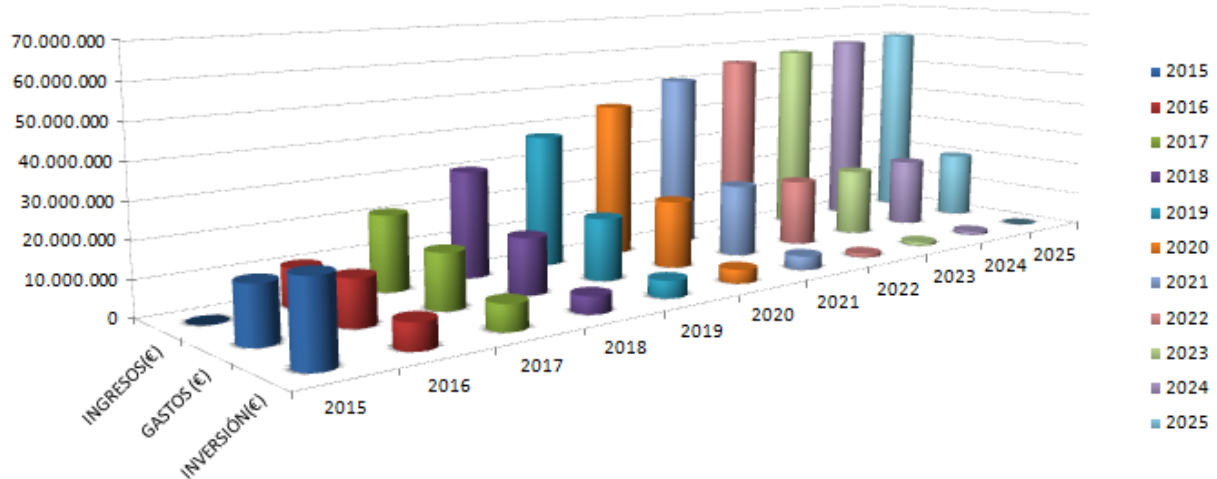


Gráfico 2 - Comparativa a 10 años de ingresos, gastos e inversión en Lagos, Nigeria

Con todos los datos anteriores se obtiene un VAN de 58.347.251 y TIR de 10,91 %, lo que nos lleva a la conclusión de que el proyecto es atractivo para llevar a cabo. El payback es de 6,1 años. La Tasa de Descuento aplicada para el calculo del VAN es del 10%, donde se incluye el coste del dinero y la primera de riesgo que aplican los inversores.

Además se sabe que Nigeria es un país en el que las infraestructuras como se pueden ver en los mapas de los operadores están la mayor parte realizadas, por tanto esto es un coste que hay que ahorrarse y así no tener una inversión y unos gastos tan altos.

A continuación se realiza otro estudio pero teniendo en cuenta que prácticamente la totalidad de la red de alimentación está construida.

7.6 Estudio de mercado Nigeria sin infraestructura

- Inversión:

Inversión en	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
OLT	640.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ODF	1.400.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fibra óptica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zanja	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Arquetas & fusión de fibras	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cajas/splitters	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ONT	1.200.000	2.250.000	2.250.000	1.500.000	1.500.000	1.200.000	1.200.000	300.000	300.000	300.000	0
Fibra óptica	20.800	39.000	39.000	26.000	26.000	20.800	20.800	5.200	5.200	5.200	0
Cajas/splitters	128.000	240.000	240.000	160.000	160.000	128.000	128.000	32.000	32.000	32.000	0
Tirada final	1.280.000	2.400.000	2.400.000	1.600.000	1.600.000	1.280.000	1.280.000	320.000	320.000	320.000	0
INVERSIÓN (€)	4.668.800	4.929.000	4.929.000	3.286.000	3.286.000	2.628.800	2.628.800	657.200	657.200	657.200	0
<i>Inflación 1% (€)</i>	<i>4.668.800</i>	<i>4.978.290</i>	<i>5.027.580</i>	<i>3.384.580</i>	<i>3.417.440</i>	<i>2.760.240</i>	<i>2.786.528</i>	<i>703.204</i>	<i>709.776</i>	<i>716.348</i>	<i>0</i>

Tabla 27 - Desglose de la inversión a 10 años (sin infraestructura), Lagos

Las aclaraciones de la tabla son prácticamente las mismas:

- Por cada 1000 HC hay que desplegar una red de 2 km.
- Como no hace falta realizar parte de la infraestructura de la red de distribución, la tirada final (para edificios gubernamentales, de negocios, oficinas, y zonas residenciales), se estima en 160€/HC.
- Se emplean 5 OLT para dar servicio a todos los HP.
- Todos los valores de la tabla anterior y siguientes se han calculado acordes a la *Tabla 1* del capítulo 5.1.

En la siguiente tabla se detalla la estimación que se ha realizado para el número de clientes que se conectarán por año. En la segunda fila los HC que se producen cada año, y en la tercera los HC acumulados cada año. Esta estimación está sujeta a posibles variaciones que puedan producirse a lo largo del proyecto.

2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
8.000HC	15.000HC	15.000HC	10.000HC	10.000HC	8.000HC	8.000HC	2.000HC	2.000HC	2.000HC	0HC
8.000HC	23.000HC	38.000HC	48.000HC	58.000HC	66.000HC	74.000HC	76.000HC	78.000HC	80.000HC	80.000HC

Tabla 28 - Desglose de HC por año, Lagos

- Para el apartado de gastos:

Gastos de	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
MANO DE OBRA											
Instalación	933.760	985.800	985.800	657.200	657.200	525.760	525.760	131.440	131.440	131.440	0
Mantenimiento de red	933.760	1.919.560	2.905.360	3.562.560	4.219.760	4.745.520	5.271.280	5.402.720	5.534.160	5.665.600	5.665.600
Mantenimiento de abonado	252.000	724.500	1.197.000	1.512.000	1.827.000	2.079.000	2.331.000	2.394.000	2.457.000	2.520.000	2.520.000
Servicios/Contenidos	1.545.960	3.056.635	3.352.810	2.682.760	2.829.610	2.607.570	2.743.530	1.720.020	1.741.910	1.763.800	1.412.400
Otros	25%	15%	15%	15%	15%	20%	20%	20%	20%	20%	20%
GASTOS (€)	5.048.730	7.689.469	9.707.116	9.676.698	10.963.606	11.949.420	13.045.884	11.577.816	11.837.412	12.097.008	11.517.600
<i>Inflación 1% (€)</i>	5.048.730	7.766.364	9.901.258	9.966.999	11.402.150	12.546.891	13.828.637	12.388.263	12.784.405	13.185.739	12.669.360

Tabla 29 - Desglose de los gastos a 10 años (sin infraestructura), Lagos

- Los ingresos por año son:

INGRESOS	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
INGRESOS (€)	0	10.602.000	20.862.000	29.412.000	36.252.000	42.408.000	47.880.000	51.300.000	52.668.000	54.036.000	54.720.000
HC	8.000	23.000	38.000	48.000	58.000	66.000	74.000	76.000	78.000	80.000	80.000
<i>Inflación 1% (€)</i>	0	10.708.020	21.279.240	30.294.360	37.702.080	44.528.400	50.752.800	54.891.000	56.881.440	58.899.240	60.192.000

Tabla 30 - Desglose de los ingresos a 10 años, Lagos

Se compara la inversión, los gastos y los ingresos para ver la evolución del proyecto a lo largo de los años, quedaría de la siguiente forma:

BALANCE	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
INGRESOS (€)	0	10.708.020	21.279.240	30.294.360	37.702.080	44.528.400	50.752.800	54.891.000	56.881.440	58.899.240	60.192.000
GASTOS (€)	15.540.930	12.804.254	15.481.688	15.767.969	17.594.320	19.282.095	20.912.914	19.395.565	19.929.771	20.470.514	19.947.048
INVERSIÓN (€)	4.668.800	4.978.290	5.027.580	3.384.580	3.417.440	2.760.240	2.786.528	703.204	709.776	716.348	0
HC	4.000	14.000	22.000	27.000	28.500	29.000	29.500	29.750	30.000	30.000	30.000
Flujo de caja (€)	-20.209.730	-7.074.524	769.972	11.141.811	16.690.320	22.486.065	27.053.358	34.792.231	36.241.893	37.712.378	40.244.952

Tabla 31 - Desglose del balance a 10 años, Lagos

- Todos los valores se han calculado acordes a la *Tabla 1* del capítulo 5.1.

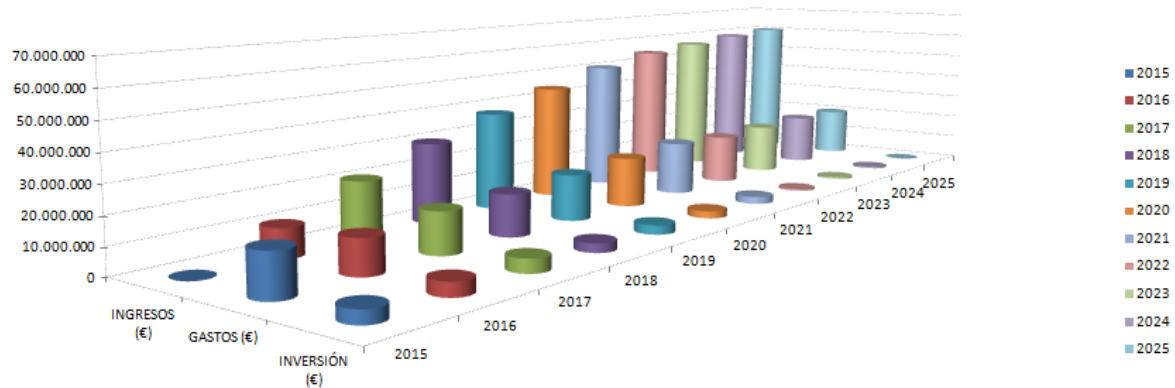


Gráfico 3 - Comparativa a 10 años de ingresos, gastos e inversión en Lagos, Nigeria

Con todos los datos anteriores se obtiene un VAN de 81.154.423 y TIR de 21,11 %, lo que nos lleva a la conclusión de que el proyecto es muy atractivo para llevar a cabo. El payback es de 5,95 años. La Tasa de Descuento aplicada para el calculo del VAN es del 10%, donde se incluye el coste del dinero y la primera de riesgo que aplican los inversores.

Capítulo 8: Estudio de mercado 3, Costa de Marfil



Ilustración 40 - Mapa de la situación de Costa de Marfil en el oeste africano

8.1 Datos de Costa de Marfil

El país de Costa de Marfil está situado en el oeste africano, tiene más de 20 millones de habitantes y 1 millón de usuarios de internet. Posee varias ciudades importantes, su capital es Yamoussoukro, con más de medio millón de habitantes, pero la ciudad marfileña más importante es *Abidjan*, con más de 6 millones de habitantes, es su capital económica. En *Abidjan* la renta per cápita es de 1.079 dólares. Por esta ciudad pasan varios cables de fibra óptica. Tiene una densidad de población de alrededor de 12.000 personas por kilómetro cuadrado. El idioma oficial es el francés. Costa de Marfil es un gigante económico dentro de África, posee el 40% del PIB conjunto de los ocho países que forman la Unión Económica y Monetaria del África Occidental (UEMOA). El petróleo es la principal fuente de ingresos. [47].

Desde el año 2005 Costa de Marfil está avanzando en materia de internet y telefonía móvil. En el ámbito de la telefonía fija, hay dos operadores, el más importante es Orange. En el caso de la telefonía móvil hay cinco operadores con licencia entre los que destacan Orange, MTN o Moov, con más 4, 3'5, y 1'8 millones de clientes respectivamente. Para el uso de internet Costa de Marfil registra alrededor de 1 millón de usuarios. Existen numerosos proyectos de implantación de fibra óptica en la ciudad de *Abidjan*, así como en todo el país para hacer llegar a todos sus habitantes las ventajas de las TIC. [48].

Dentro de *Abidjan* se encuentra una de las zonas más ricas de África, “Le plateau”, posee cerca de 150.000 habitantes, casi 2.000 por kilometro cuadrado, tiene números edificios de negocios, rascacielos, y cuenta con el hotel más famoso de África. Numerosos turistas franceses visitan esta zona. Se pueden encontrar en torno a 40.000 viviendas, lo que hace que sea una zona con grandes perspectivas de futuro, por tanto es una zona interesante para desarrollar actividades de fibra óptica. Es la zona administrativa, comercial y financiera más importante de costa de marfil. [49]. En la siguiente imagen se puede ver la zona de la que se habla.

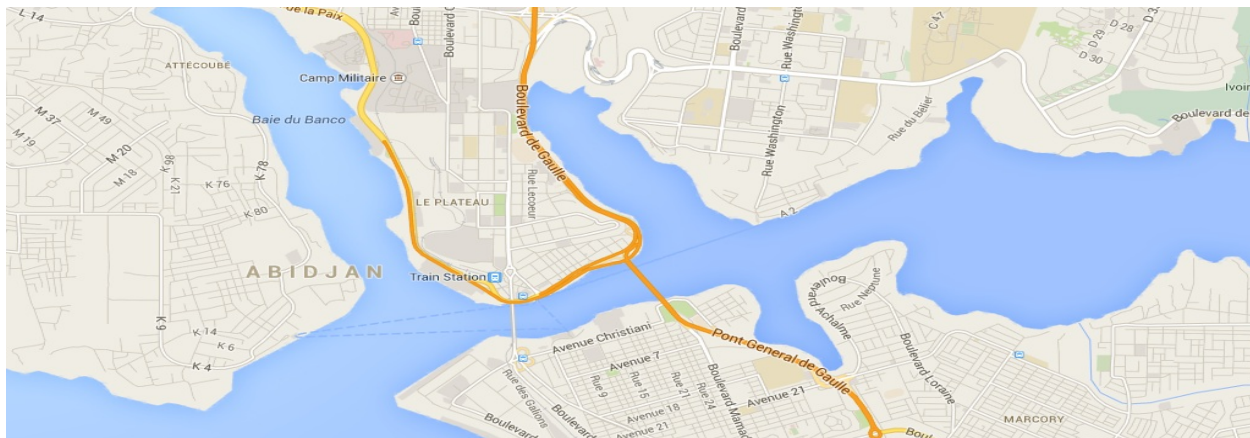


Ilustración 41 - Mapa de la zona de Abidjan mencionada



Ilustración 42 - Vista de “Le plateau”, Abidjan

8.2 Operadores en Costa de Marfil de fibra óptica

Estos son los operadores de Costa de Marfil que ofrecen fibra óptica [36]:

- Gouvernement du Côte d'Ivoire: Huawei está construyendo 6.700 kilómetros de fibra óptica en el país.
- Cote d'Ivoire Telecom [50].
- Orange Cote d'Ivoire [51].

8.3 Análisis de las zonas

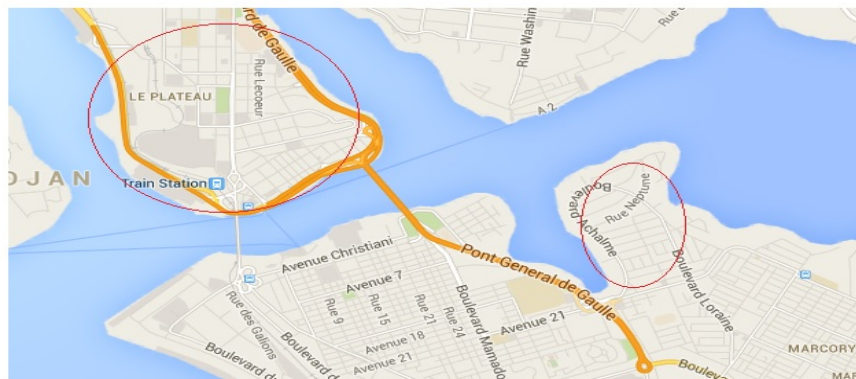


Ilustración 43 - Mapa de las dos zonas a realizar el estudio

Las dos zonas marcadas son en las que se va realizar el estudio. En “Le plateau” hay zonas residenciales, grandes centros comerciales, hoteles (podemos encontrar el hotel más famosos de África, Hotel Ivoire) y numerosas oficinas, además de edificios gubernamentales. La población ronda los 150.000 habitantes. La estimación propuesta es de alrededor de unos 60.000 clientes de los cuales 30.000 serian potenciales para poder amortizar la infraestructura. La otra zona, que es más pequeña, es una *Gated Community* de unos 20.000 clientes, de los cuales 10.000 son potenciales.



Ilustración 44 - Vista aerea de “Le plateau”



Ilustración 45 - Vista aerea de la *Gated Community* de Abidjan que se va estudiar

A continuación se va analizar el despliegue con todo detalle a partir de la inversión, los gastos, y los ingresos que forman parte del proyecto de despliegue de fibra óptica en Costa de Marfil.

Se analizan todos los elementos que van a contribuir en la inversión a realizar en la zona de “Le plateau”, en función a los costes referenciados en el apartado de inversión de las características del despliegue de fibra óptica. La zona marcada en amarillo refleja el CAPEX por inversión de la red de alimentación y el color verde refleja el CAPEX por inversión de la red de distribución y tirada final.

8.4 Estudio de mercado Costa de Marfil “Le plateau”

- Inversión:

Inversión en	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
OLT	256.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ODF	420.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fibra óptica	39.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zanja	2.700.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Arquetas & fusión de fibras	1.650.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cajas/splitters	960.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ONT	600.000	1.500.000	1.200.000	750.000	225.000	37.500	37.500	37.500	37.500	37.500	37.500
Fibra óptica	10.400	26.000	20.800	13.000	3.900	1.300	1.300	650	650	650	650
Cajas/splitters	64.000	160.000	128.000	80.000	24.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000
Tirada final	1.600.000	4.000.000	3.200.000	2.000.000	600.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
INVERSIÓN (€)	8.299.400	5.686.000	4.548.800	2.843.000	852.900	142.800	142.800	142.150	142.150	142.150	142.150
Inflación 1% (€)	8.299.400	5.742.860	4.639.776	2.928.290	887.016	149.940	151.368	152.101	153.522	154.944	156.365

Tabla 32 - Desglose de la inversión a 10 años en “Le plateau”, Abidjan

Las aclaraciones de la tabla son las siguientes:

- Se ha considerado que la red de alimentación tiene una dimensión de 30 km.
- Por cada 1000 HC hay que desplegar una red de 2 km.
- Se emplean 2 OLT para dar servicio a todos los HP.
- Todos los valores de la tabla anterior y siguientes se han calculado acordes a la *Tabla 1* del capítulo 5.1.
- En este caso la tirada final va ser la más cara de todas, ya que al encontrarnos prácticamente en su totalidad con edificios tanto de negocios como

gubernamentales, la red final es mucho más compleja y tiene que ofrecer muchas más modularidad y opciones de conectividad para las distintas empresas. Por lo tanto se estima, según datos económicos en proyectos similares, que la tirada final en “Le plateau”, *Abidjan*, tendrá una media de 400€.

En la siguiente tabla se detalla la estimación que se ha realizado para el número de clientes que se conectaran por año. En la segunda fila los HC que se producen cada año, y en la tercera los HC acumulados cada año. Esta estimación está sujeta a posibles variaciones que puedan producirse a lo largo del proyecto.

2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
8.000HC	15.000HC	15.000HC	5.000HC	1.500HC	250HC	250HC	250HC	250HC	250HC	250HC
4.000HC	14.000HC	22.000HC	27.000HC	28.500HC	28.750HC	29.000HC	29.250HC	29.500HC	29.750HC	30.000HC

Tabla 33 - Tabla de HC por año en “Le plateau”, Abidjan

- Para el apartado de gastos:

Gastos de	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
MANO DE OBRA											
Instalación	1.659.880	1.137.200	909.760	568.600	170.580	28.560	28.560	28.430	28.430	28.300	28.300
Mantenimiento de red	1.659.880	2.797.080	3.706.840	4.275.440	4.446.020	4.474.580	4.503.140	4.531.570	4.560.000	4.588.300	4.616.600
Mantenimiento de abonado	126.000	441.000	693.000	882.000	897.750	905.625	913.500	921.375	929.250	937.125	945.000
Servicios/Contenidos	772.980	2.011.430	1.822.390	1.400.615	792.183	562.644	556.580	558.216	562.603	566.989	571.375
Otros	25%	15%	15%	15%	15%	20%	20%	20%	20%	20%	20%
GASTOS (€)	6.103.365	7.344.717	8.201.789	8.195.653	7.252.512	7.165.691	7.202.136	7.247.510	7.296.339	7.344.857	7.393.530
Inflación 1% (€)	6.103.365	7.418.164	8.365.824	8.441.523	7.542.613	7.523.975	7.634.264	7.754.835	7.880.046	8.005.894	8.132.883

Tabla 34 - Desglose de los gastos a 10 años en “Le plateau”, Abidjan

- Los ingresos por año son:

INGRESOS	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
INGRESOS (€)	0	6.156.000	12.312.000	16.758.000	19.665.000	19.579.500	19.750.500	19.921.500	20.092.500	20.263.500	20.434.500
HC	4.000	14.000	22.000	28.000	28.500	28.750	29.000	29.250	29.500	29.750	30.000
Inflación 1% (€)	0	6.217.560	12.558.240	17.260.740	20.451.600	20.558.475	20.935.530	21.316.005	21.699.900	22.087.215	22.477.950

Tabla 35 - Desglose de los ingresos a 10 años en “Le plateau”, Abidjan

Se compara la inversión, los gastos y los ingresos para ver la evolución del proyecto a lo largo de los años, quedaría de la siguiente forma:

BALANCE	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
INGRESOS (€)	0	6.217.560	12.558.240	17.260.740	20.451.600	20.558.475	20.935.530	21.316.005	21.699.900	22.087.215	22.477.950
GASTOS (€)	6.103.365	7.418.164	8.365.824	8.441.523	7.542.613	7.523.975	7.634.264	7.754.835	7.880.046	8.005.894	8.132.883
INVERSIÓN (€)	8.299.400	5.742.860	4.639.776	2.928.290	887.016	149.940	151.368	152.101	153.522	154.944	156.365
HC	4.000	14.000	22.000	28.000	28.500	28.750	29.000	29.250	29.500	29.750	30.000
Fujo de caja (€)	-14.402.765	-6.943.464	-447.360	5.890.927	12.021.971	12.884.560	13.149.898	13.409.069	13.666.332	13.926.378	14.188.702

Tabla 36 - Desglose del balance a 10 años “Le plateau”, Abidjan

- Todos los valores se han calculado acordes a la *Tabla 1* del capítulo 5.1.

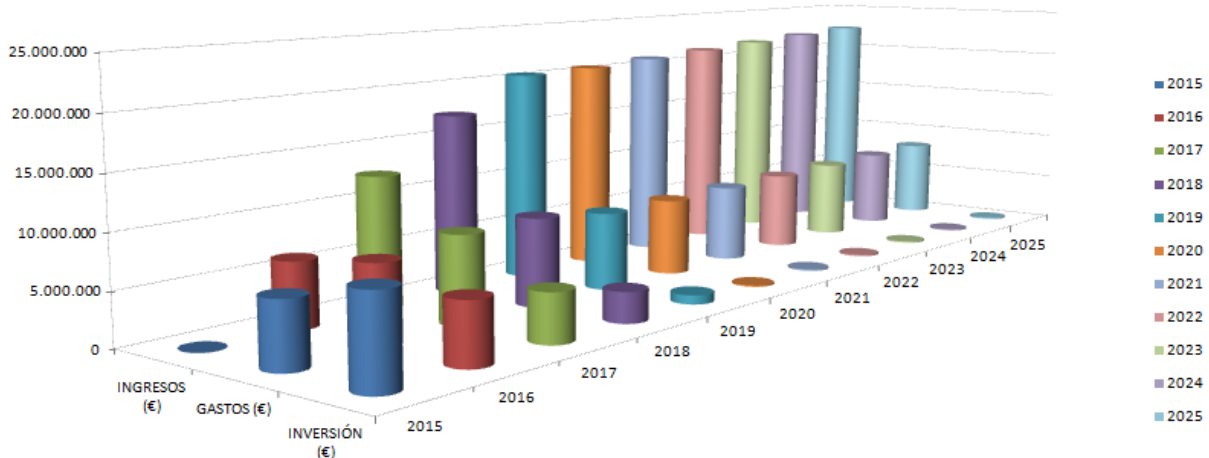


Gráfico 4 - Comparativa a 10 años de ingresos, gastos e inversión en “Le plateau”, Abidjan

Con todos los datos anteriores se obtiene un VAN de 28.734.889 y TIR de 11,93 %, lo que nos lleva a la conclusión de que el proyecto es atractivo para llevar a cabo. El payback es de 5,28 años. La Tasa de Descuento aplicada para el calculo del VAN es del 10%, donde se incluye el coste del dinero y la primera de riesgo que aplican los inversores.

8.5 Costa de Marfil “Gated Community”

Ahora se va analizar la segunda zona, la *Gated Community*:

- Inversión:

Inversión en	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
OLT	128.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ODF	140.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fibra óptica	52.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zanja	900.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Arquetas & fusión de fibras	550.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cajas/splitters	320.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ONT	150.000	450.000	450.000	75.000	75.000	75.000	75.000	37.500	37.500	37.500	37.500
Fibra óptica	10.400	26.000	20.800	13.000	3.900	1.300	1.300	650	650	650	650
Cajas/splitters	16.000	48.000	48.000	8.000	8.000	8.000	8.000	4.000	4.000	4.000	4.000
Tirada final	200.000	600.000	600.000	100.000	100.000	100.000	100.000	50.000	50.000	50.000	50.000
INVERSIÓN (€)	2.466.400	1.124.000	1.118.800	196.000	186.900	184.300	184.300	92.150	92.150	92.150	92.150
Inflación 1% (€)	2.466.400	1.135.240	1.141.176	201.880	194.376	193.515	195.358	98.601	99.522	100.444	101.365

Tabla 37 - Desglose de la inversión a 10 años, Gated Community en Abidjan

Las aclaraciones de la tabla son las siguientes:

- Se ha considerado que la red de alimentación tiene una dimensión de 10 km.
- Por cada 1000 HC hay que desplegar una red de 2 km.
- Se emplea 1 OLT para dar servicio a todos los HP.
- Todos los valores de la tabla anterior y siguientes se han calculado acordes a la *Tabla 1* del capítulo 5.1.
- Este caso es una *Gated community* con lo que la tirada final será parecida a la de Ghana, que se estima en 200€/HC.

En la siguiente tabla se detalla la estimación que se ha realizado para el número de clientes que se conectaran por año. En la segunda fila los HC que se producen cada año, y en la tercera los HC acumulados cada año. Esta estimación está sujeta a posibles variaciones que puedan producirse a lo largo del proyecto.

2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
1000HC	3000HC	3000HC	500HC	500HC	500HC	500HC	250HC	250HC	250HC	250HC
1000HC	4000HC	7000HC	7500HC	8000HC	8500HC	9000HC	9250HC	9500HC	9750HC	10000HC

Tabla 38 - Tabla de HC por año, Gated Community en Abidjan

- Para el apartado de gastos:

Gastos de	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
MANO DE OBRA											
Instalación	493.280	224.800	223.760	39.200	37.380	36.860	36.860	18.430	18.430	18.300	18.300
Mantenimiento de red	493.280	718.080	941.840	981.040	1.018.420	1.055.280	1.092.140	1.110.570	1.129.000	1.147.300	1.165.600
Mantenimiento de abonado	31.500	126.000	220.500	236.250	252.000	267.750	283.500	291.375	299.250	307.125	315.000
Servicios/Contenidos	193.245	599.480	658.715	234.838	235.910	239.183	247.955	208.416	212.253	216.089	220.475
Otros	25%	15%	15%	15%	15%	20%	20%	20%	20%	20%	20%
GASTOS (€)	1.760.771	1.918.614	2.351.537	1.715.027	1.775.267	1.918.887	1.992.546	1.954.550	1.990.719	2.026.577	2.063.250
Inflación 1% (€)	1.760.771	1.937.800	2.398.568	1.766.477	1.846.277	2.014.831	2.112.099	2.091.368	2.149.977	2.208.968	2.269.575

Tabla 39 - Desglose de los gastos a 10 años, Gated Community en Abidjan

- Los ingresos por año son:

INGRESOS	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
INGRESOS (€)	0	1.710.000	3.762.000	4.959.000	5.301.000	5.643.000	5.985.000	6.241.500	6.412.500	6.583.500	6.754.500
HC	1.000	4.000	7.000	7.500	8.000	8.500	9.000	9.250	9.500	9.750	10.000
Inflación 1% (€)	0	1.727.100	3.837.240	5.107.770	5.513.040	5.925.150	6.344.100	6.678.405	6.925.500	7.176.015	7.429.950

Tabla 40 - Desglose de los ingresos a 10 años, Gated Community en Abidjan

Se compara la inversión, los gastos y los ingresos para ver la evolución del proyecto a lo largo de los años, quedaría de la siguiente forma:

BALANCE	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
INGRESOS (€)	0	1.727.100	3.837.240	5.107.770	5.513.040	5.925.150	6.344.100	6.678.405	6.925.500	7.176.015	7.429.950
GASTOS (€)	1.760.771	1.937.800	2.398.568	1.766.477	1.846.277	2.014.831	2.112.099	2.091.368	2.149.977	2.208.968	2.269.575
INVERSIÓN (€)	2.466.400	1.135.240	1.141.176	201.880	194.376	193.515	195.358	98.601	99.522	100.444	101.365
HC	1.000	4.000	7.000	7.500	8.000	8.500	9.000	9.250	9.500	9.750	10.000
Flujo de caja (€)	-4.227.171	-1.345.940	297.496	3.139.413	3.472.387	3.716.804	4.036.643	4.488.437	4.676.001	4.866.603	5.059.010

Tabla 41 - Desglose del balance a 10 años, Gated Community en Abidjan

- Todos los valores se han calculado acordes a la *Tabla 1* del capítulo 5.1.

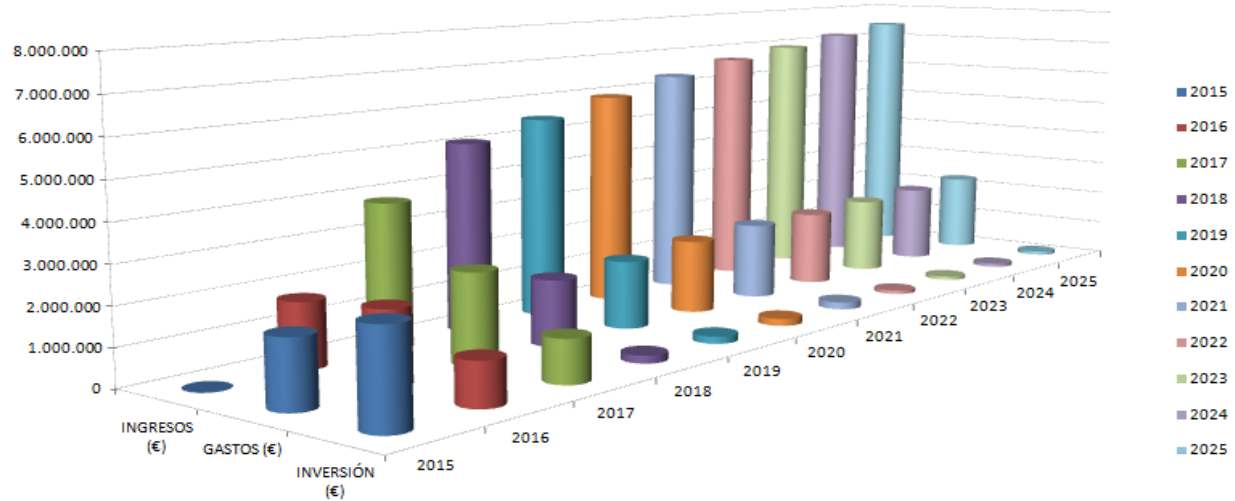


Gráfico 5 - Comparativa a 10 años de ingresos, gastos e inversión en una Gated Community de Abidjan, Costa de Marfil

Con todos los datos anteriores se obtiene un VAN de 11.464.506 y TIR de 17,08 %, lo que nos lleva a la conclusión de que el proyecto es muy atractivo para llevar a cabo. El payback es de 4,7 años. La Tasa de Descuento aplicada para el calculo del VAN es del 10%, donde se incluye el coste del dinero y la primera de riesgo que aplican los inversores.

Capítulo 9 Riesgos

Riesgos que modifican el periodo de amortización de la inversión

En estos países la inestabilidad, tanto política como en desastres meteorológicos o incluso en temas de la salud de la población, es común. Esto puede provocar que las previsiones iniciales de amortización del proyecto se vean afectadas. Por ello hay que tenerlas presentes antes de presentar el proyecto. Estas son algunas de las posibilidades a tener en cuenta.

Riesgo	Variabilidad temporal	Variabilidad inversión/gastos
Epidemia	1-2 años	+ 10% / 15%
Conflicto bélico	indefinido	+ 15% / 25%
Bajas de clientes	0,5-1 año	+ 5% / 10%
Intrusión de operadores	1-2 años	+ 5% / 10%
Fusiones entre operadores	- 1 / + 1 año	- 5% / + 5%

Tabla 42 - Tabla de posibles riesgos

Capítulo 10 Conclusiones generales

- Se han supuesto despliegues paulatinos de red. Los operadores no realizan toda la inversión para conectar todos los hogares en el momento inicial, sino que la cobertura se realiza progresivamente, a medida que se incrementa la demanda de servicios FTTH. Esto se traduce en inversiones en red progresivas, a la vez que se va conectando a los nuevos clientes, evitando que la red esté excesivamente desocupada. De este modo, se evita incurrir en costes no productivos.
- La elección de los tres países analizados, Ghana, Nigeria y Costa de Marfil, responde al mayor potencial económico de estos países respecto a otros de la misma zona. Se ha analizado el poder adquisitivo de las poblaciones y dentro de las ciudades más importantes se han estudiado las zonas mejor situadas para desarrollar el despliegue de fibra óptica.
- Para proporcionar fibra óptica se usa la opción PON(Passive Optical Networks) frente a ASON(Active Optical Networks), debido a que PON no requiere de componentes activos en la planta externa, y eso hace que los costes sean mucho menores. Además de usa la topología GPON ya que al no necesitar dispositivos electrónicos es más barata que otras topologías. Además GPON tiene mayores ventajas que las topologías de las que deriva (APON o BPON), ya que presenta un mayor ancho de banda y es más flexible, aspecto muy importante para tecnologías futuras.
- En el ámbito de los equipos que conforman los elementos de la red GPON y centrándose en las ONT, aunque el cliente es el que impone las restricciones, resulta mucho mas cómodo instalar ONTs que llevan router incorporado, que una ONT + router, además en estos casos como la mayoría de los clientes no posee previamente internet, lo más adecuado es instalar la ONT que incluye router en ella misma.

- El hecho de ser el primer operador en un país para desplegar fibra o cualquier otro servicio que beneficie a los clientes, hace que el porcentaje de penetración sea mayor que el de sus competidores.
- En los escenarios donde se pueden encontrar varios operadores, el porcentaje de penetración es menor, pero los clientes tienen un servicio de prestaciones altas con lo que los ingresos son altos. Por el contrario escenarios en los que prácticamente no hay operadores, el porcentaje de penetración es más elevado pero los ingresos son menores ya que los servicios que se contratan por parte de los clientes son básicos.
- Se ha construido una red con redundancia, para poder solucionar rápidamente cualquier problema de conectividad en la red.
- Este tipo de proyectos, en ocasiones es complicado llevarlos a cabo debido a las legislaciones de cada país o ciudad en la que se quiera realizar. En este sentido la obtención de todo tipo de licencias para poder trabajar es algo complejo, tanto por la negociación que hay que hacer como por el tiempo que se tarda en conseguir el permiso.
- La inversión a realizar es muy elevada, por tanto cuantos más servicios se puedan ofrecer con la red GPON, más rápido se puede recuperar la inversión, un caso concreto es “GPON mobile backhauling”, que consiste en conectar una ONT a una estación base, y así poder transportar el tráfico móvil a la red IP.
- Este TFG simula escenarios en los que los operadores realizan inversiones en obra civil, salvo en Nigeria que se dan los dos casos, con y sin infraestructura realizada. La obra civil supone una parte muy importante de la inversión en el despliegue de redes, en algunos casos hasta el 70%, por lo que la compartición de infraestructuras (canalizaciones, conductos, etc) supone un importante ahorro en costes. Este aspecto de compartición de infraestructuras con otros operadores no se ha tenido en cuenta a la hora de realizar el estudio económico en los casos en los que la infraestructura ya estaba creada.

- Las zonas de mayor potencial para realizar este tipo de despliegues es una combinación de zonas de negocio junto con zonas residenciales de alto nivel adquisitivo, en este TFG estas zonas sobretodo están más presentes en Nigeria, que por otro lado es el país mas desarrollado en fibra óptica de los tres que se analizan.

Zona	VAN	TIR	Payback
Ghana 10 años	45.111.025	21,01%	4,35 años
Nigeria con infraestructura	58.347.251	10,91%	6,1 años
Nigeria sin infraestructura	81.154.423	21,11%	5,95 años
Costa de Marfil "Le plateau"	28.735.412	11,93%	5,28 años
Costa de Marfil "Gated Community"	11.465.030	17,08%	4,7 años

Tabla 43 - Resumen de los resultados en cada despliegue

Este tipo de proyectos se realizan a estudio para 10 años, ya que es cuando mejores conclusiones se extraen de los resultados obtenidos. La Tasa de Descuento aplicada para el calculo del VAN es del 10%, donde se incluye el coste del dinero y la primera de riesgo que aplican los inversores. La inflación en Ghana es del 2%, y en Nigeria y Costa de Marfil es del 1%.

La tasa interna de retorno o de rentabilidad (TIR), oscila entre casi un 11% y un 21%. En este caso el menos y más rentable corresponden respectivamente a los dos casos de Nigeria, debido a fundamentalmente a la necesidad de una inversión inicial alta, por la necesidad de creación de la infraestructura o la utilización de la existente.

En lo que respecta al VAN, el proyecto de Nigeria sin infraestructura es igualmente el mayor de todos y supera los 81 M€. Sin embargo el de Nigeria con infraestructura existente, a pesar de tener el TIR más bajo, alcanza un VAN de 58.347.251 €, que supera de forma sensible el alcanzado en los otros países analizados. Siendo más específicos, si es necesario crear la infraestructura se tendría que realizar una inversión de 57.071.186 €, sin embargo si ya está creada la inversión inicial disminuye hasta los 29.152.786 €. Esto reafirma la importancia de la infraestructura en la valoración de estos proyectos.

En el proyecto de Costa de Marfil hay una diferencia sensible entre el resultado en "*Le plateau*" y el de *Gated Coommunity*. Con el primero se alcanza un VAN de 28.735.412 €

aunque su TIR se sitúa únicamente en un 12%, frente al segundo que, aunque dispone de una TIR del 17.08 %, sólo presenta un VAN de 11.465. 030 €. La causa se debe al tamaño de ambos proyectos ya que en *“Le plateau”* se realizan 30.000 HP y en la *Gated Community* 10.000 HP.

En cuanto a Ghana, es un proyecto de alta rentabilidad que alcanza un 21 % de TIR y un Van de 45.111.025 €, lo que le hace ser un proyecto muy atractivo, ya que la inversión prevista en el mismo es de 17,5 M€.

El proyecto que recupera antes la inversión realizada es el de Ghana, 4,35 años, debido a que la dimensión de la red de alimentación es más pequeña que en Nigeria, y en Costa de Marfil es muy parecida sin embargo se llega a menos clientes por tanto los ingresos no son tan elevados. En cualquiera de los casos la recuperación de la inversión oscila entre los 4 y 6 años, lo que garantiza la viabilidad de todos los proyectos.

Con todo ello se puede observar que todos los casos estudiados son rentables y serian viables para el despliegue de fibra óptica.

CAPITULO 11 FUTURAS LINEAS DE DESARROLLO

Como se ha mencionado a lo largo del TFG, existen varias evoluciones de la red GPON, que son NG-PON1 y NG-PON2, estas evoluciones actualmente se encuentran en proceso de analisis y creación, aunque se esta comenzando a comercializar la primera.

Las redes simuladas de despliegue en Africa tienen interoperabilidad y son flexibles para que en un futuro se puedan acoplar a estas nuevas evoluciones de red y así ofrecer el mayor servicio a los clientes. Este es un punto muy importante a tener en cuenta a la hora de realizar este tipo de despliegues ya que la tecnología esta continuamente avanzando, y cuanto más flexible sea la tecnología instalada más facilidad tendrá el operador y más beneficios podrá obtener con la red.

Principalmente se obtienen mejoras como:

- Mayor ancho de banda.
- Mayores velocidades de subida y de bajada.
- Convergencia de servicios.
- Compartición de recursos.
- Estas evoluciones permiten aprovechar la planta externa completa de la red GPON ya creada por lo que minimiza costes añadidos.

Glosario

ADAP: Advanced Digital Appreciation Programme

ADSL: Asymmetric Digital Subscriber Line, Línea de cliente digital asimétrica.

AES: Advanced Encryption Standard, esquema de cifrado por bloques.

ASON: Active Optical Network, red óptica activa.

Backbone: Principales conexiones troncales de internet por medio de cables de fibra óptica.

CAPEX: Capital Expenditures, inversiones en bienes de capitales.

DAP: Digital Appreciation Programme

DBI: Digital Bridge Institute

DWDM: Dense Wavelength Division Multiplexing, multiplexado compacto por división en longitudes de onda.

FE: Fast Ethernet

FSAN: Full Service Access Network, servicio de acceso a red completo.

FTTB: Fiber to the building, fibra hasta el edificio.

FTTH: Fiber to the home, fibra hasta el cliente.

FTTN: Fiber to the node, fibra hasta las inmediaciones.

FTTX: Fiber to the x.

G-Fast: Gigabit Fast access to subscriber terminals

Gated Community: Recintos privados residenciales dentro de grandes ciudades.

GPON: Gigabit Passive Optical Networks

HC: Hogar conectado

HP: Hogar pasado

IP: Internet Protocol

ISAM: Indexed Sequential Access Method, almacenamiento de información a la cual se accede rápidamente.

MDU: Multi-Dwelling Unit

NCBC: National Communications Backbone Company

NCC: Comisión de comunicaciones de Nigeria

NG-PON1/NG-PON2: Next Generation Passive Optical Networks.

ODF: Optical Distribution Frame, repartidor óptico.

OLT: Optical Line Terminal

ONT: Optical Networking Terminal

OPEX: Operating expense, gasto operacional.

PIB: Producto interior bruto.

PON: Passive Optical Networks, red óptica pasiva.

RF: Radio frecuencia.

TDMA: Time Division Multiple Access, acceso múltiple por división en tiempo.

TIC: Tecnologías de la información

UEMOA: Unión Económica y Monetaria del África Occidental

UIT: Unión Internacional de Telecomunicaciones

VAN: Valor actual neto.

VDSL: Very high bit-rate Digital Subscriber Line

Vectoring: tecnología que permite maximizar la banda ancha.

WDM: Wavelength-Division Multiplexing, multiplexación por división de longitud de onda,

WIFI: Wireless Fidelity

XGPON: Ten-Gigabit-Capable Passive Optical Networks

Referencias

- [1]. http://www.cmt.es/c/document_library
- [2]. www.ramonmillan.com/tutoriales
- [3]. <http://www.sterliteoptical.com>
- [4]. <http://ibersontel.com>
- [5]. <http://www.ngeeks.com/mapa-mundial-de-los-cables-de-fibra-optica-submarinos>
- [6]. <http://ingenieromarino.wordpress.com>
- [7]. http://wikitel.info/wiki/Cable_submarino
- [8]. <http://www.africainfomarket.org>
- [9]. <http://www.xatakaon.com/equipos-de-red/el-cable-submarino>
- [10]. <http://www.alcatel-lucent.com/products/7360>
- [11]. <ftp://central.biz.rr.com/7360ISAM>
- [12]. <http://www.ramonmillan.com/tutoriales>
- [13]. <https://ericsson+gpon>
- [14]. <http://www.air-broadband.com/>
- [15]. <https://i-241w-u+alcatel+lucent>
- [16]. http://wiki.bandaancha.st/Alcatel-Lucent_I-010G-U
- [17]. <http://www.alcatel-lucent.com/products/+7363>
- [18]. <http://www.huawei.com/en/about-huawei/publications>
- [19]. <http://www.alcatel-lucent.com/techzine/twdm-pon-taking-fiber>

- [20]. <http://www.telnet-ri.es>
- [21]. <http://www.exitoeportador.com>
- [22]. http://www.researchictafrica.net/docs/The_Future_of_Broadband_in_Africa
- [23]. http://www.africaneconomicoutlook.org/West_Africa
- [24]. <https://itunews.itu.int/es/2966-Ghana>
- [25]. <http://www.accraexpat.com>
- [26]. <http://www.africainfomarket.org/ghana>
- [27]. <http://es.tradingeconomics.com/ghana/inflation>
- [28]. <http://www.africainfomarket.org/>
- [29]. http://adjasai.com/Gated_Communities_In_Accra_Ghana
- [30]. <http://www.mybuenahomes.com/Default.aspx>
- [31]. www.trasacovalley.com/
- [32]. <http://ibrokerghana.com/glo-links-ghana-with-fibre-optic>
- [33]. <http://www.myjoyonline.com/mtn-delivers-digital>
- [34]. <http://www.ghanaweb.com/GhanaHomePage>
- [35]. <http://www.mtn.com.gh/mobile/tariffs>
- [36]. http://List_of_terrestrial_fibre_optic_cable_projects_in_Africa
- [37]. <http://lagos.wantedinafrica.com/areas/ikoyi>
- [38]. <http://www.ecured.cu/Nigeria>
- [39]. <https://www.itu.int/net/itunews/issues>
- [40]. <http://www.gloworld.com/nigeria/network-infrastructure>

- [41]. <http://www.gloworld.com/nigeria>
- [42]. <http://en/NITEL>
- [43]. <http://www.phase3telecom.com>
- [44]. <http://www.suburbantelecom.com>
- [45]. <http://www.mtnonline.com>
- [46]. <http://www.multi-links.com>
- [47]. <http://Cote-d-Ivoire-Ivory-Coast-Telecoms-Mobile-and-Broadband>
- [48]. <http://www.reuters.com/ivorycoast-telecoms>
- [49]. http://Le_Plateau
- [50]. <http://www.citelecom.ci>
- [51]. <http://www.orange.ci>

Anexo 1. Gestión del TFG

1. Ciclo de vida del TFG

Este TFG se distribuye en 3 fases distinguidas por sus objetivos además de por su implicación dentro de la estructura del proyecto.

- **Inicial.** En esta primera etapa o fase se planifica la estructura del TFG. Se establecen los objetivos y los cometidos para obtener las respuestas que se quieren reflejar a lo largo del TFG.
- **Intermedio.** En esta fase se procede a desarrollar un aprendizaje de todos los elementos de una red GPON, así como su funcionamiento, y también todas las características que posee la fibra óptica, aquellas que hacen que sea algo fundamental en los tiempos actuales. Se comenzó a redactar la memoria.
- **Final.** Esta etapa final corresponde a la realización de los últimos capítulos del proyecto. Se adaptaron todos los conceptos aprendidos, necesarios para la realización de este tipo de despliegues así como los costes económicos. Finalmente, se elaboraron las conclusiones extraídas de los resultados obtenidos, y se finalizó la redacción de la memoria.

2. Organización del TFG

La organización del TFG se ha estructurado en distintas etapas claramente diferenciadas en función de la repercusión que cada una de ellas han producido en el mismo. Además cada una de las etapas depende de la consecución de la anterior.

- **Etapas 1:** Contexto del proyecto.

Cometido 1: Recopilación de información sobre despliegues de fibra óptica.

Cometido 2: Recopilación de información sobre redes GPON y sus elementos.

Cometido 3: Recopilación de información sobre países en el oeste africano y características económicas de los mismos.

- **Etapas 2:** Estudio de la estructura de redes GPON.

Cometido 4: Análisis de la estructura de red GPON y sus elementos.

Cometido 5: Análisis de las opciones de despliegue de este tipo de redes.

- **Etapas 3:** Estudio económico

Cometido 6: Realización del estudio de mercado en cada país que se realiza el despliegue a partir de la información recopilada en proyectos similares y con apoyo de profesionales con experiencia en el sector.

3. Plan de trabajo

El TFG se ha desarrollado a partir del alumno, del cual es la autoría, así como de la supervisión de los tutores de la empresa y de la universidad. En cuanto al tiempo invertido en ello por parte de ambas partes es de 300 horas aproximadamente en el caso del alumno y 70 horas en el caso de los tutores.

Para comenzar el trabajo en el proyecto se establece una reunión inicial y así determinar los objetivos, un enfoque de ellos y un alcance para la información obtenida. Posteriormente se investigan todos los puntos acordados. En este periodo el alumno se familiariza con las redes GPON y sus elementos, estudios de mercado similares realizados en África y e incluso en Europa para conocer el tipo de resultado en el proyecto que se desea obtener.

Tras este paso se procede a derivar en una serie de reuniones, que son principalmente en intervalos de tiempo periódicos para estudiar el desarrollo de la tarea que se va realizando, se solventan las dudas surgidas e incluso en algunos casos se obtienen nuevos objetivos para futuras reuniones. En algunas ocasiones cuando surgen dudas puntuales se han resuelto al momento vía e-mail o similares.

Anexo 2. Presupuesto del TFG

Este anexo refleja los costes asociados al TFG, como se puede ver a continuación hay varios tipos, costes de personal y de equipo.

1. Coste de personal total

Para la realización del TFG ha sido necesaria la contribución de dos ingenieros jefes de proyectos con la temática del que se está estudiando, y un graduado o titulado. Si se quieren estimar los costes hay que tener en cuenta las horas de dedicación de cada uno de los implicados y su importe según esas horas que se han dedicado.

Personal	Horas	Precio/hora	Importe
Jefe de proyecto	60	100 €	6.000 €
Jefe de proyecto	10	150 €	1.500 €
Titulado	300	30 €	9.000 €
Total	370		16.500 €

Tabla 44 - Coste de personal

2. Coste del equipo

En este caso se estima en un coste de 700€ para las herramientas que se han utilizado en la elaboración del proyecto.

3. Coste total del proyecto

El coste total de este proyecto es la suma de los costes detallados anteriormente, además se aplican unos costes indirectos asociados a los impuestos que genera la realización del proyecto. La tabla siguiente detalla este coste general.

Concepto	Importe
Coste de personal	16.500 €
Coste del equipo	700 €
Costes indirectos (10%)	1.650 €
Total	18.850 €

Tabla 45 - Coste general del proyecto